



01177

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

*Programa de Maestría y Doctorado en Ingeniería*

*Estudio de generación de los residuos  
peligrosos en la industria de artes gráficas,  
para analizar su potencial de reutilización  
y tratamiento*

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL  
GRADO DE MAESTRA EN  
INGENIERÍA (AMBIENTAL)  
P R E S E N T A  
IQ. Juana Lucía Martínez Medina

339534

Director: M. en C. Constantino Gutiérrez Palacios

Cd. Universitaria, 2004



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**ESTA TESIS NO SALE  
DE LA BIBLIOTECA**

entregada a la Dirección General de Bibliotecas de la  
UNAM e utilizada en formato electrónico e impreso el  
contenido de mi trabajo recepcional.

NOMBRE: Martinez Medina  
Juana Lucia

FECHA: 18- Noviembre-2004

FIRMA: [Firma]



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
**PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN INGENIERÍA**

**VOTOS APROBATORIOS**

UNIVERSIDAD NACIONAL  
 AVENIDA DE  
 MEXICO

**DR. WILFRIDO RIVERA GÓMEZ FRANCO**  
 Coordinador del Programa de Posgrado  
 en Ingeniería, U N A M  
 Presente

Por este medio comunico a usted que he leído la tesis titulada: "ESTUDIO DE GENERACIÓN DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS EN LA INDUSTRIA DE ARTES GRÁFICAS, PARA ANALIZAR SU POTENCIAL DE REUTILIZACIÓN Y TRATAMIENTO" para obtener el grado de MAESTRA EN INGENIERÍA en el campo del conocimiento INGENIERÍA AMBIENTAL, que presenta la alumna JUANA LUCIA MARTINEZ MEDINA.

Al mismo tiempo me permito informarle mi decisión de otorgar o no el voto aprobatorio.

JURADO		VOTO APROBATORIO	FIRMA	FECHA
PRESIDENTE	DRA. MARIA DEL CARMEN DURAN DE BAZUA	(SI) (NO)		12/10/04
VOCAL	M. EN C. CONSTANTINO GUTIERREZ PALACIOS	(SI) (NO)		18/10/04
SECRETARIO	DRA. ROSA MARIA RAMIREZ ZAMORA	(SI) (NO)		18/10/04
SUPLENTE	DRA. GEORGINA FERNANDEZ VILLAGOMEZ	(SI) (NO)		14/04/04
SUPLENTE	DR. GERMAN BUITRON MENDEZ	(SI) (NO)		5/10/04

## AGRADECIMIENTOS

*A la Universidad Autónoma Metropolitana por la formación personal y profesional que me brindó en los estudios de licenciatura.*

*A la Universidad Nacional Autónoma de México por el apoyo, valores y conocimientos recibidos durante mis estudios de maestría.*

*A mi tutor y director de tesis por su apoyo y consejos durante el desarrollo de este trabajo:*

*M. en C. Constantino  
Cutiérrez Palacios*

*Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por la beca otorgada durante la maestría.*

*A mi comité tutorial por el tiempo dedicado, su paciencia y sus valiosas aportaciones a este trabajo:*

*Dra. Ma. del Carmen Durán*

*Dra. Rosa María Ramírez Z.*

*A los miembros de mi jurado por sus contribuciones para el mejoramiento de este trabajo:*

*Dra. Georgina Fernández  
Villagómez*

*Dr. Germán Buitrón Méndez*

*A Dios por regalarme el don  
de la vida.*

*A mis padres por su apoyo  
incondicional y su  
comprensión brindados a lo  
largo de toda mi vida.*

*A Ricardo por ser parte de  
este trabajo, por su  
confianza y cariño y por ser  
un aliciente para continuar.*

*A mis compañeros y amigos  
que siempre me apoyaron:  
Ricardo, Alejandra, Paula,  
Susana, Wilson, Juan Pablo,  
Angélica, Emma, Fernanda,  
Juan Carlos, Paola y Ronny.*

*A mi madre por impulsarme  
siempre a alcanzar nuevas  
metas.*

*A Alejandra por brindarme  
su amistad y apoyo durante  
estos dos años.*

*A los profesores del posgrado  
de Ingeniería Ambiental por  
sus enseñanzas y consejos:*

*Ana Elisa, Constantino,  
Enrique, Francis, Georgina,  
Landy, María del Carmen,  
Rina, Rosa María y Vicente.*

*A Rocío, Alfredo C., Fernando  
L., y Bety por sus consejos y  
apoyo.*

# ÍNDICE

LISTA DE TABLAS.....	III
LISTA DE DIAGRAMAS.....	V
ACRÓNIMOS.....	VI
GLOSARIO.....	VIII
RESUMEN.....	XII
<b>CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1. PROBLEMÁTICA.....	2
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	3
1.3. OBJETIVOS.....	4
1.4. METAS.....	4
<b>CAPÍTULO 2. ANTECEDENTES Y FUNDAMENTOS.....</b>	<b>5</b>
2.1. HISTORIA DE LA IMPRENTA.....	5
2.2. PROCESOS MÁS COMUNES Y RESIDUOS GENERADOS EN LA INDUSTRIA DE ARTES GRÁFICAS.....	6
2.2.1. IMPRESIÓN EN RELIEVE.....	8
2.2.2. IMPRESIÓN EN PLANO.....	9
2.2.3. IMPRESIÓN EN HUECO.....	12
2.2.4. IMPRESIÓN POR PENETRACIÓN.....	12
2.3. LEGISLACIÓN NACIONAL E INTERNACIONAL PARA EL MANEJO DE RESIDUOS PELIGROSOS.....	15
2.3.1. LEGISLACIÓN NACIONAL.....	15
2.3.2. LEGISLACIÓN INTERNACIONAL.....	20
2.4. SITUACIÓN ACTUAL DEL MANEJO DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS EN LA INDUSTRIA GRÁFICA.....	21
<b>CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA.....</b>	<b>29</b>
3.1. TÉCNICAS DE MUESTREO.....	30
3.1.1. MÉTODOS DE REFERENCIA DE LA USEPA.....	30
3.1.2. NORMAS OFICIALES MEXICANAS.....	31
3.2. SELECCIÓN DE LA EMPRESA.....	31
3.3. METODOLOGÍA PROPUESTA PARA EL MUESTREO Y CUANTIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS.....	33
3.4. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA PROPUESTA.....	37
3.4.1. MATERIALES Y EQUIPO.....	37
3.4.2. PERÍODO DE MUESTREO.....	39
3.4.3. MUESTREO.....	39
<b>CAPÍTULO 4. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA DE ARTES GRÁFICAS EN ESTUDIO.....</b>	<b>42</b>
4.1. DATOS GENERALES DE LA EMPRESA BAJO ESTUDIO.....	42
4.2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO GENERADOR DE RESIDUOS PELIGROSOS.....	45
<b>CAPÍTULO 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>49</b>
5.1. VISITAS PRELIMINARES.....	49

5.2.	GENERACIÓN DE RESIDUOS PELIGROSOS.....	53
5.3.	PROPUESTA DE NORMATIVIDAD PARA LA CUANTIFICACIÓN DE RESIDUOS PELIGROSOS.....	62
<b>CAPÍTULO 6. OPCIONES DE MANEJO, REUTILIZACIÓN Y RECICLAJE DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS.....</b>		<b>65</b>
6.1.	USO EFICIENTE DE MATERIAS PRIMAS.....	67
6.2.	PREVENCIÓN DE LA GENERACIÓN DE RESIDUOS.....	68
6.2.	EMPLEO DE SUSTITUTOS NO TÓXICOS O MENOS TÓXICOS.....	69
6.3.	SEPARACIÓN DE LOS RESIDUOS.....	70
6.4.	RECOLECCIÓN Y ALMACENAMIENTO INTERNOS.....	74
6.5.	APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS.....	76
6.5.1	TINTAS DE IMPRESIÓN.....	76
6.5.2	PLACAS DE ALUMINIO USADAS.....	77
6.5.3	REVELADOR DE PLACAS.....	77
6.5.4	ACEITES GASTADOS.....	78
6.5.5	TOALLAS IMPREGNADAS CON TINTAS.....	79
6.5.6	ENVASES Y "TAMBOS" USADOS EN EL MANEJO DE MATERIALES Y RESIDUOS PELIGROSOS.....	79
<b>CAPÍTULO 7. CONCLUSIONES.....</b>		<b>81</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>		<b>84</b>
<b>ANEXO A. FORMATO DE REPORTE PARA RESIDUOS PELIGROSOS.....</b>		<b>93</b>
<b>ANEXO B. PROCEDIMIENTO PARA ESTABLECER UNA NORMA EN MÉXICO Y PROPUESTA DE NORMATIVIDAD.....</b>		<b>94</b>

# LISTA DE TABLAS

TABLA		PÁGINA
Tabla 1:	Legislación nacional en materia de residuos peligrosos.....	16
Tabla 2:	Normas oficiales mexicanas en materia de residuos peligrosos.....	18
Tabla 3:	Normas oficiales mexicanas en materia de transporte de residuos peligrosos .....	19
Tabla 4:	Inventarios de emisiones a la atmósfera en la Zona Metropolitana del Valle de México.....	24
Tabla 5:	Modalidades de servicios de reciclado de residuos peligrosos y capacidad instalada.....	26
Tabla 6:	Criterios de clasificación de las pequeñas y medianas empresas.....	42
Tabla 7:	Materias primas.....	46
Tabla 8:	Residuos generados en la empresa en estudio.....	54
Tabla 9:	Generación de residuos peligrosos en la empresa en estudio. Etapa 1.....	55
Tabla 10:	Generación de residuos peligrosos en la empresa en estudio. Etapa 2.....	55
Tabla 11:	Generación de residuos peligrosos en la empresa en estudio. Etapa 3.....	56
Tabla 12:	Generación media de residuos peligrosos.....	59
Tabla 13:	Tasas de generación de residuos peligrosos.....	59
Tabla 14:	Comparaciones entre la normatividad mexicana con la internacional en materia de residuos peligrosos.....	63
Tabla 15:	Recomendaciones para el manejo integral de residuos peligrosos en la empresa en estudio.....	66

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA		PÁGINA
Figura 1:	Generación de residuos peligrosos en México 1998-2000.....	1
Figura 2:	Métodos de impresión.....	6
Figura 3:	Representación general de los procesos de impresión.....	7
Figura 4:	Diagrama general de flujo para la impresión flexográfica y los residuos generados.....	10
Figura 5:	Diagrama general de flujo para la impresión litográfica (offset) y los residuos que genera.....	11
Figura 6:	Diagrama general de flujo para la impresión por rotograbado y los residuos que genera.....	13
Figura 7:	Diagrama de flujo para la impresión por serigrafía y los residuos que genera.....	14
Figura 8:	Distribución geográfica de la infraestructura de tratamiento y disposición final de residuos peligrosos 2003.....	27
Figura 9:	Materiales y equipos empleados durante el estudio.....	38
Figura 10:	Localización de la empresa en estudio.....	43
Figura 10A:	Configuración general de la empresa en estudio.....	44
Figura 11:	Impresora rotativa.....	45
Figura 12:	Almacenamiento de residuos.....	50
Figura 13:	Balance de materiales del proceso de fabricación de revistas de la empresa bajo estudio.....	60
Figura 14:	Opciones de manejo de residuos peligrosos.....	65
Figura A1:	Formato de reporte para residuos peligrosos.....	93

# LISTA DE DIAGRAMAS

DIAGRAMA	PÁGINA
Diagrama 1: Metodología general de la investigación.....	29
Diagrama 2: Secuencia para el desarrollo de la metodología propuesta en esta investigación para el muestreo y cuantificación de residuos peligrosos, RP.....	34
Diagrama 3: Diagrama de flujo para la fabricación de revistas en la empresa en estudio.....	48
Diagrama 4: Ubicación general de los contenedores para los residuos del proceso.....	52
Diagrama 5: Ubicación de contenedores necesarios para la segregación de los residuos.....	71

## ACRÓNIMOS

CAM	Comisión Ambiental Metropolitana
CANAGRAF	Cámara Nacional de Artes Gráficas
CENAPRED	Centro Nacional de Prevención de Desastres
CIIU	Clasificación Industrial Internacional Uniforme
CMAP	Clasificación Mexicana de Actividades Económicas y Productos
COV	Compuestos Orgánicos Volátiles (VOC, por sus siglas en inglés)
GTZ	Agencia de Cooperación Técnica Alemana (Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit)
INE	Instituto Nacional de Ecología
LFMN	Ley Federal sobre Metrología y Normalización
LGEEPA	Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente
LGPGIR	Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos
PUMA	Programa Universitario de Medio Ambiente
RLGEEPAMRP	Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Residuos Peligrosos
RP	Residuos peligrosos
SEMARNAT	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
SEP	Secretaría de Educación Pública
SIC	Standard Industrial Code
SIEM	Sistema de Información Empresarial Mexicano

SMA	Secretaría de Medio Ambiente
UNAM	Universidad Nacional Autónoma de México
USEPA	Agencia de Protección al Ambiente de los Estados Unidos de América (United States Environmental Protection Agency)

## GLOSARIO

**ACETATO:** Material de plástico transparente o translúcido (Stevenson, 1968).

**ADELGAZADOR:** Disolvente usado para “adelgazar” tintas o pigmentos (de “thinner”, en inglés, o “tiner”, como se le conoce en México).

**ALMACENAMIENTO:** Acción de retener temporalmente residuos en tanto se procesan para su aprovechamiento, se entregan al servicio de recolección o se dispone de ellos (RLGEEPAMRP, 2003).

**APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS:** Conjunto de acciones cuyo objetivo es recuperar el valor económico de los residuos mediante su reutilización, remanufactura, rediseño, reciclado y recuperación de materiales secundarios o de energía (LGPGIR, DOF 2003).

**DELEGACIONES:** Los órganos político-administrativos de cada demarcación territorial, en las que se divide el Distrito Federal (LRSDF, 2003).

**DISPOSICIÓN FINAL:** Acción de depositar o confinar permanentemente residuos en sitios e instalaciones cuyas características permitan prevenir su liberación al ambiente y las consecuentes afectaciones a la salud de la población y a los ecosistemas y sus elementos (LGPGIR, DOF 2003). Acción de depositar permanentemente los residuos en sitios y condiciones adecuados para evitar daños al ambiente (RLGEEPAMRP, 2003).

**EFLUENTE:** Líquido que procede de una planta industrial (Anónimo, 2001).

**EMISIONES CONTAMINANTES:** La generación o descarga de materia o energía, en cualquier cantidad, estado físico o forma, que al incorporarse, acumularse o actuar en los seres vivos, en la atmósfera, agua, suelo, subsuelo o cualquier elemento natural, afecte negativamente su composición o condición natural (LGEEPA, 2003).

**ENVASADO:** Acción de introducir un residuo peligroso en un recipiente, para evitar su dispersión o evaporación, así como facilitar su manejo (RLGEEPAMRP, 2003).

**FOTO-OFFSET:** Es el método fotográfico de la impresión en plano, basada en que la grasa (tinta) y el agua no se mezclan. La fotolitografía comprende todos los pasos necesarios para obtener el producto final: Fotografiado de la copia, revelado del negativo, la elaboración de la placa e impresión de la imagen en el sustrato (Stevenson, 1968).

**FOTOSENSIBLE:** Sensible a la luz (Mackenzie, 1998). Cualquier material cubierto con una emulsión sensitiva a la luz, que reacciona químicamente cuando se expone a la luz (Stevenson, 1968).

**GENERACIÓN:** Acción de producir residuos peligrosos (RLGEEPAMRP, 2003). Acción de producir residuos a través del desarrollo de procesos productivos o de consumo (LGPGIR, DOF 2003).

**GENERADOR:** Persona física o moral que como resultado de sus actividades produzca residuos peligrosos (RLGEEPAMRP, 2003). Persona física o moral que produce residuos, a través del desarrollo de procesos productivos o de consumo (LGPGIR, DOF 2003).

**GENERADORES DE ALTO VOLUMEN:** Las personas físicas o morales que generan un promedio igual o superior a 50 kg diarios en peso bruto total de los residuos sólidos o su equivalente en unidades de volumen (LRSDF, 2003).

**LITOGRAFÍA:** Arte de dibujar o grabar en piedra, para multiplicar los ejemplares de un dibujo o escrito (Mackenzie, 1998). Impresión a partir de una superficie plana (Stevenson, 1968).

**MANEJO INTEGRAL:** Las actividades de reducción en la fuente, separación, reutilización, reciclaje, co-procesamiento, tratamiento biológico, químico, físico o térmico, acopio, almacenamiento, transporte y disposición final de residuos, individualmente realizadas o combinadas de manera apropiada, para adaptarse a las condiciones y necesidades de cada lugar, cumpliendo objetivos de valorización, eficiencia sanitaria, ambiental, tecnológica, económica y social (LGPGIR, DOF 2003).

**MATERIAL PELIGROSO:** Elementos, sustancias, compuestos, residuos o mezclas de ellos que, independientemente de su estado físico, representen un riesgo para el ambiente, la salud o los recursos naturales, por sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables o biológico-infecciosas (LGEEPA, 2003).

**NEBLUMO:** Acrónimo de neblina o niebla y humo, usado para “traducir” “smog”, de “smoke”, humo y “fog”, neblina o niebla (en inglés).

**NEGATIVOS Y POSITIVOS:** Hojas de acetato que contienen la imagen fotográfica, que será impresa con los valores correspondientes a cada color (Mackenzie, 1998).

**OFFSET (voz inglesa):** Es un procedimiento especial de impresión (litografía) en plano con máquinas rotativas, empleando un cilindro de caucho para transferir la imagen al sustrato (Anónimo, 1980).

**PANTALLA:** Es un conjunto de puntos definidos, que se usan en la reproducción de negativos y positivos tramados, con valores que van desde el blanco hasta el negro (Mackenzie, 1998).

**PLACA PRESENSIBILIZADA:** Lámina de aluminio, empleada en la impresión “offset”, la cual ha sido cubierta con una emulsión sensitiva para la recepción de la imagen (Stevenson, 1968).

**RECICLADO:** Transformación de los residuos a través de distintos procesos que permiten restituir su valor económico, evitando así su disposición final, siempre y cuando esta restitución favorezca un ahorro de energía y materias primas sin perjuicio para la salud, los ecosistemas o sus elementos (LGPGIR, DOF, 2003).

**RECOLECCIÓN:** Acción de transferir los residuos al equipo destinado a conducirlos a las instalaciones de almacenamiento, tratamiento o reutilización (“reúso”), o a los sitios para su disposición final (RLGEEPAMRP, 2003).

**RESIDUO:** Material o producto cuyo propietario o poseedor desecha y que se encuentra en estado sólido o semisólido, o es un líquido o gas contenido en recipientes o depósitos y que puede ser susceptible de ser valorizado o requiere sujetarse a tratamiento o disposición final (LGPGIR, DOF, 2003).

**RESIDUOS PELIGROSOS:** Todos aquellos residuos, en cualquier estado físico, que por sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables o biológico-infecciosas, representen un peligro para el equilibrio ecológico o el ambiente (LGEEPA, 2003).

**REUTILIZACIÓN:** El empleo de un material o residuo previamente usado, sin que medie un proceso de transformación (LGPGIR, DOF, 2003).

**“SMOG” :** Ver neblumo.

**SUSTRATO:** Material en dónde se va a imprimir, copiar o duplicar la imagen, puede ser papel, envases de aluminio, plásticos, tela, etc. (Anónimo, 2001).

**“TAMBO” :** Palabra usada en México para designar a los contenedores de 200L en forma de tambores.

**“TINER” :** Ver adelgazador de tintas o pigmentos.

## CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

En México, las industrias son una de las fuentes principales de generación de residuos peligrosos, ya que con el desarrollo tecnológico, también ha crecido la problemática relacionada con los residuos peligrosos. Ésto se debe a que el desarrollo tecnológico no ha crecido a la par con los esfuerzos por conservar y preservar el ambiente.

El Instituto Nacional de Ecología (INE) reporta que, hasta el año 2000, existían a nivel nacional más de 100,000 empresas que contribuyen a la generación de residuos, de las cuales 27,280 se habían manifestado como generadoras de residuos peligrosos, con una generación de alrededor de 3,705,846.21 ton/año (Figura 1). Para ese mismo año, en el Distrito Federal se encontraban registradas 3,955 empresas, con una generación de 624,995.00 ton/año (SEMARNAT-INE, 2000). También el INE reportó que, de las 3,955 empresas registradas, 1,177 (empresas pequeñas, medianas y grandes) pertenecían al sector de la impresión.



Figura 1. Generación de residuos peligrosos en México 1998-2000

(Dirección General de Gestión Integral de Materiales y Actividades Riesgosas [en línea]<sup>1</sup>).

<sup>1</sup> Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Volumen de residuos peligrosos generados. Actualización agosto 20, 2003. Disponible en <<http://www.semarnat.gob.mx/dgmic/rpaar/rp/volumen/volumen.shtml>>.

Del total de los residuos peligrosos generados, sólo una pequeña parte (aproximadamente el 12%) de éstos se reciclan, reutilizan, tratan o confinan, mientras que el resto se disponen en forma inapropiada, a través de descargas al drenaje, mezclados con residuos municipales y a través de quemas y tiraderos clandestinos (Sánchez y Barrios, 1997). Es evidente que la problemática radica principalmente en el tratamiento y la disposición final de los residuos peligrosos.

### 1.1. PROBLEMÁTICA

Con frecuencia, los residuos peligrosos generados en las industrias se encuentran almacenados en los patios de las mismas, lo que representa tanto riesgos ambientales como problemas de operación además de una sub-utilización de espacios. Entre los giros industriales que producen los mayores volúmenes de residuos peligrosos, destacan las industrias: química, fundidora, metalmecánica, textil, artes gráficas y galvanoplastia (Rivero et al, 1996a, b, c).

En general, en nuestro país, dentro del giro de la impresión se encuentran en su mayoría pequeñas empresas de litografía (OFFSET), rotograbado, flexografía, grabado en lámina, serigrafía y estampado en caliente. Las principales materias primas empleadas por esta industria son: tintas, sustratos (papel), películas fotográficas, cilindros de grabado, reveladores, fijadores, placas de impresión, solventes para limpieza y adhesivos, entre los de mayor importancia.

Entre los residuos generados por los procesos de la industria de las artes gráficas se encuentran las emisiones de disolventes, efluentes con contenido de tintas, soluciones de limpieza, reveladores y fijadores, papel, películas de desecho, tintas residuales (con contenido de pigmentos y disolventes), agua de lavado, desechos de los materiales imprimibles, disolventes y trapos empleados en la limpieza y contaminados con tinta, aceites de lubricación, soluciones ácidas y alcalinas.

En su mayoría, las empresas no cuentan con áreas especiales para almacenar los residuos peligrosos que generan y, por lo regular, éstos se almacenan por largos períodos de tiempo. Algunos de estos residuos se descargan directamente al

drenaje, como por ejemplo: las soluciones residuales de limpieza, revelado y fijado, entre otras.

Algunos residuos se reciclan o reciben tratamiento por empresas externas, quienes los utilizan como combustibles alternos. El INE reporta que, hasta mayo de 2000, se encontraban registradas alrededor de 140 empresas recicladoras y 65 empresas de tratamiento de residuos peligrosos (Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal, CAM-GTZ, 2001). En otros casos, como se mencionó anteriormente, los residuos peligrosos son mezclados con residuos industriales no peligrosos y almacenados por largo tiempo o bien se desechan como residuos no peligrosos.

De acuerdo a lo anterior se observa que, en general, el manejo de los residuos peligrosos dentro de las empresas es inadecuado y que las diversas estimaciones sobre la generación de residuos peligrosos en nuestro país, difieren considerablemente entre sí.

En conclusión, la disposición inadecuada de los residuos industriales, especialmente los peligrosos, ha dado como resultado la contaminación del ambiente y la afectación de la salud. Estos problemas demuestran la necesidad de acciones encaminadas hacia un manejo y control adecuado de los residuos, considerando además que la industria de artes gráficas también genera residuos peligrosos y dado que no se cuenta con muchos estudios en esta área, ni con programas que promuevan la reutilización y el tratamiento de los residuos peligrosos generados por este giro, se deriva la necesidad de estudiar e investigar en este campo.

## 1.2. JUSTIFICACIÓN

Como ya se mencionó, la industria contribuye a la generación de contaminantes de forma muy diversa, dependiendo de las características de los procesos y del tipo de insumos que emplean y productos que obtienen (SEMARNAP, 1997). Los problemas ambientales relacionados a los residuos peligrosos que genera la industria de artes gráficas, radican, en que muchos de ellos son inflamables (tintas y disolventes) y contienen compuestos orgánicos volátiles (COV). Los COV son precursores del ozono, algunos de ellos son conocidos agentes carcinógenos y se consideran

contaminantes atmosféricos debido a su toxicidad y a los malos olores que producen. Debido a esto, es necesario regular la generación, almacenamiento, transporte, tratamiento y disposición final de este tipo de residuos. Para contar con la infraestructura necesaria y suficiente para el manejo de los residuos peligrosos, es importante contar con inventarios fidedignos sobre su generación, para los diferentes tipos de industrias, entre las que se encuentran las de artes gráficas. Esta investigación es un ejemplo de lo que puede hacerse en esta área.

### 1.3. OBJETIVOS

- ✓ Determinar las tasas de generación de los residuos peligrosos generados en una empresa específica de artes gráficas considerando su cuantificación, mediante su identificación, conforme lo establece la legislación mexicana vigente.
- ✓ Proponer una metodología para la realización del muestreo y la cuantificación de los residuos peligrosos.
- ✓ Comparar el manejo de los residuos peligrosos en la empresa bajo estudio con lo establecido en la normatividad mexicana vigente.
- ✓ Proponer un plan para el manejo integral de los residuos peligrosos de la empresa de artes gráficas en estudio, tomando en cuenta la naturaleza del residuo y su volumen de generación.

### 1.4. METAS

- ✓ Contribuir en la promoción de la gestión integral de los residuos peligrosos dentro de la rama industrial bajo estudio.
- ✓ Resaltar la importancia de un manejo correcto de los residuos peligrosos dentro de la empresa bajo estudio.
- ✓ Contribuir en la promoción de la reutilización, reciclaje y tratamiento de los residuos peligrosos, como alternativas de mayor preferencia, con respecto al confinamiento como disposición final, dentro de la empresa bajo estudio.

## CAPÍTULO 2. ANTECEDENTES Y FUNDAMENTOS

### 2.1. HISTORIA DE LA IMPRENTA

La utilización de las piedras para sellar quizá sea la forma más antigua conocida de impresión. Se tienen datos que en el siglo X ya se conocía la impresión en China, la cual llegó a Europa en el siglo XV. Las impresiones se hacían a partir de una plancha de madera, en la que se habían grabado las letras en relieve; esta plancha se entintaba y sobre su superficie se apoyaba el papel, consiguiendo de esta forma una impresión, cuya calidad dependía en mucho de la habilidad del operador (Mackenzie, 1998).

Se considera tradicionalmente al inventor alemán Johann Gutenberg como el inventor de la imprenta en Occidente, ya que perfeccionó el sistema con el primer modelo de prensa de presión plana y con los tipos fundidos en metal, dando paso a la composición con tipos móviles (Mackenzie, 1998).

La máquina que se utiliza para transferir la tinta desde la plancha de impresión a la página impresa se denomina prensa. Las primeras prensas de imprimir, como las del siglo XVI e incluso anteriores, eran de tornillo, pensadas para transmitir una cierta presión al elemento impresor o molde, que se colocaba hacia arriba sobre una superficie plana. El papel, por lo general humedecido, se presionaba contra los tipos con ayuda de la superficie móvil o platina. Las partes superiores de la imprenta frecuentemente iban sujetas al techo y una vez que el molde se había entintado, la platina se iba atornillando hacia abajo contra el mismo.

Durante el siglo XIX, las mejoras incluyeron el desarrollo de la prensa accionada por vapor; la prensa de cilindro, que utiliza un rodillo giratorio para prensar el papel contra una superficie plana; la rotativa, en la que tanto el papel como la plancha curva de impresión van montados sobre rodillos y la prensa de doble impresión, que imprime simultáneamente por ambas caras del papel.

La litografía fue inventada por Alois Senefelder en 1800 (Ross, 1989). Esta técnica está basada en la afinidad del medio de impresión, que en esa época era piedra

caliza, por las sustancias grasosas o resinosas, depositadas sobre el medio y su rechazo por las mismas cuando el medio se encuentra impregnado con agua.

En la técnica del "offset" se cambiaron las piedras por placas o matrices de cinc, para la impresión en plano con una máquina rotativa, conformada por cilindros. En uno de los cilindros se coloca la placa que contiene la imagen que se va a reproducir; este cilindro se pone en contacto con otro cilindro recubierto con caucho que transmite la imagen de la placa al papel.

## 2.2. PROCESOS MÁS COMUNES Y RESIDUOS GENERADOS EN LA INDUSTRIA DE ARTES GRÁFICAS

Los métodos de impresión pueden clasificarse de acuerdo con varios criterios, por ejemplo, por el tipo de medio de impresión empleado, el método para formar la imagen en el medio de impresión o por la forma en que la imagen se transfiere a la superficie o sustrato. Los métodos pueden representarse como se muestra en la Figura 2.

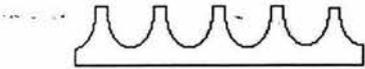
 <p>Impresión en relieve (flexografía)</p>	 <p>Impresión en hueco (rotograbado)</p>
 <p>Impresión en plano (offset o litografía)</p>	 <p>Impresión por penetración (serigrafía)</p>

Figura 2. Métodos de impresión (Stevenson, 1968)

De acuerdo con lo anterior se tienen cuatro grupos principales:

- ✓ Impresión en relieve
- ✓ Impresión en plano

- ✓ Impresión en hueco
- ✓ Impresión por penetración

En general, las etapas principales de estos procesos pueden representarse como se muestra en la Figura 3. En ésta se representan las actividades de mayor interés desde el punto de vista ambiental, es decir, de acuerdo a los residuos y emisiones que generan. Estas actividades son: la elaboración de la imagen, la elaboración de las placas, la impresión y el secado. También las actividades de limpieza de las máquinas generan residuos peligrosos.

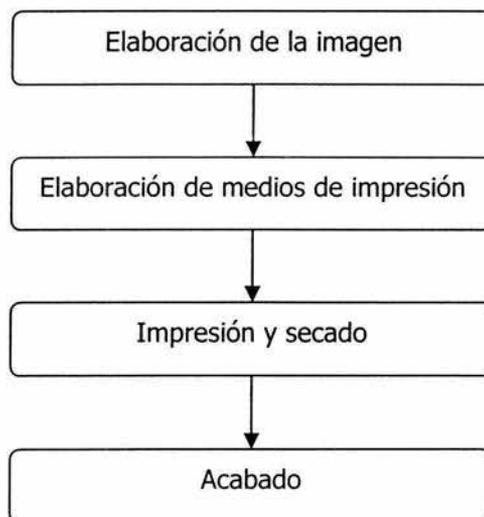


Figura 3. Representación general de los procesos de impresión (CAM-GTZ, 1998)

En la etapa de elaboración de la imagen se generan residuos de las soluciones de revelado, fijado y lavado. En la etapa de elaboración de placas se generan soluciones ácidas y neutras para limpiar o revelar las placas.

Para la elaboración de la imagen, se fotografían las ilustraciones o las imágenes, produciendo lo que se conoce como negativo, en el cual las partes claras del original están representadas por depósitos de plata metálica, de forma que en el negativo se ve oscuro, mientras que las partes oscuras del original se encuentran representadas por pocos depósitos de plata, por lo que esta parte se ve en el negativo muy clara o transparente.

El revelado de las películas fotográficas consiste en procesar la emulsión fotográfica expuesta, mediante reacciones de óxido-reducción. Este proceso se lleva a cabo con una solución reveladora, que contiene principalmente hidroquinonas, metanol, diamina, etc., aceleradores (hidróxido de sodio, carbonato de sodio o tetraborato de sodio o bórax), preservativos (sulfito de sodio) y retardadores (bromuro de potasio).

Para detener el proceso de revelado, la película se sumerge en un baño fijador que puede contener tiosulfato de sodio, ácido acético, sulfito de sodio, aluminato de potasio y ácido bórico. Al sumergirse la película en la solución fijadora, una fracción de la plata contenida en la película se queda en la solución. Por último la imagen pasa por un baño de agua para eliminar los remanentes de la solución fijadora.

Los medios de impresión, consisten en placas o cilindros, que transportan la imagen entintada a un rodillo de caucho; posteriormente, la imagen se transfiere al papel o sustrato. Dependiendo de la técnica a emplear, en ocasiones las placas tienen que prepararse con una emulsión fotosensible para recibir la imagen.

### 2.2.1. IMPRESIÓN EN RELIEVE

La impresión en relieve consiste en un medio de impresión, donde se encuentra grabada la imagen en relieve, de forma que las partes que no imprimen están menos elevadas, la imagen se encuentra tallada al revés. La tinta líquida se aplica mediante un rodillo a las partes más elevadas y posteriormente se traslada al sustrato. El método de impresión más común de este tipo es la impresión flexográfica, en la cual el medio de impresión es una placa de material flexible o blando (hule sintético o natural). Ésta se encuentra recubierta con una capa de fotopolímeros sensibles a la luz. Este proceso se emplea para imprimir materiales que se usan como empaque, envolturas para dulces, envases de plástico, bolsas para supermercado y láminas metálicas, entre otros artículos. Es excelente para imprimir colores sólidos opacos, como los que se imprimen en las envolturas con motivos navideños. En la Figura 4 se muestra en forma general el diagrama de flujo para este proceso.

### 2.2.2. IMPRESIÓN EN PLANO

En esta técnica las áreas de imagen y las de no imagen se encuentran al mismo nivel, y se basa en el principio de que la grasa (tinta) y el agua (solución acuosa) no se mezclan, por lo que se requiere que el área de la imagen sea hidrofóbica, mientras que las partes de no imagen son hidrofílicas y se humectan con agua. Las tintas que se emplean también son hidrofóbicas.

La impresión en "offset" es el método más común de la impresión en plano. Este método empieza con el fotografiado del original a reproducir, obteniéndose un negativo. Posteriormente, la imagen se transfiere a una lámina metálica flexible de aluminio, cinc, cromo-cobre y cromo-cobre-cinc que es el medio de impresión. Estas placas contienen una solución sensibilizada que, al exponerse a la luz, forma la imagen, actuando como medio hidrofílico para las áreas de no imagen e hidrofóbico para las áreas de imagen que reciben la tinta (ver Figura 5). La impresión se realiza en forma indirecta, a través de un cilindro de caucho (blanket), el cual recibe la tinta y la imagen de la placa y la transmite al sustrato, el cual puede alimentarse como hoja o en rollo (Terence, 1981). Este método también se denomina "foto-offset".

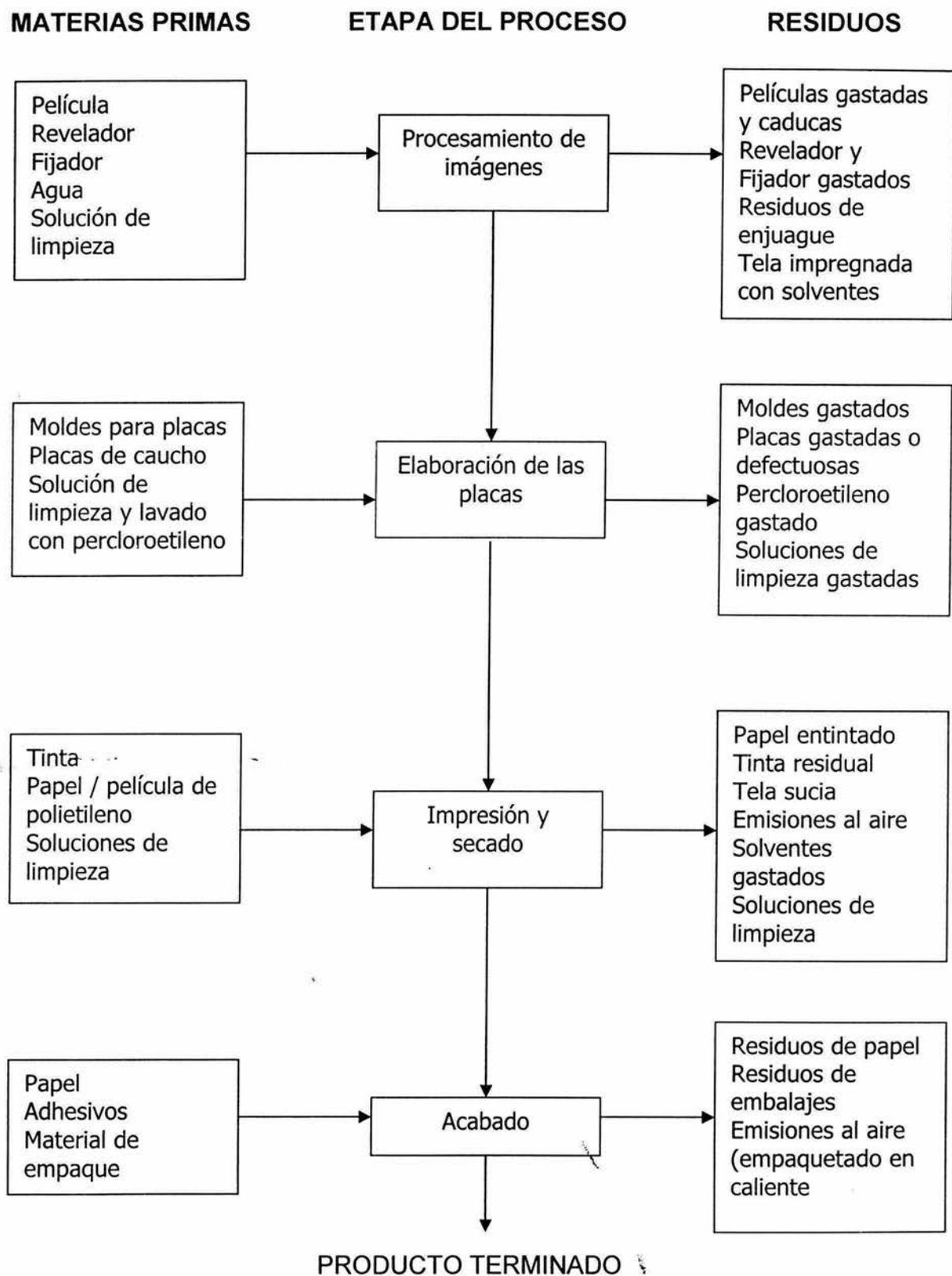


Figura 4. Diagrama general de flujo para la impresión flexográfica y los residuos generados (CAM-GTZ, 1998)

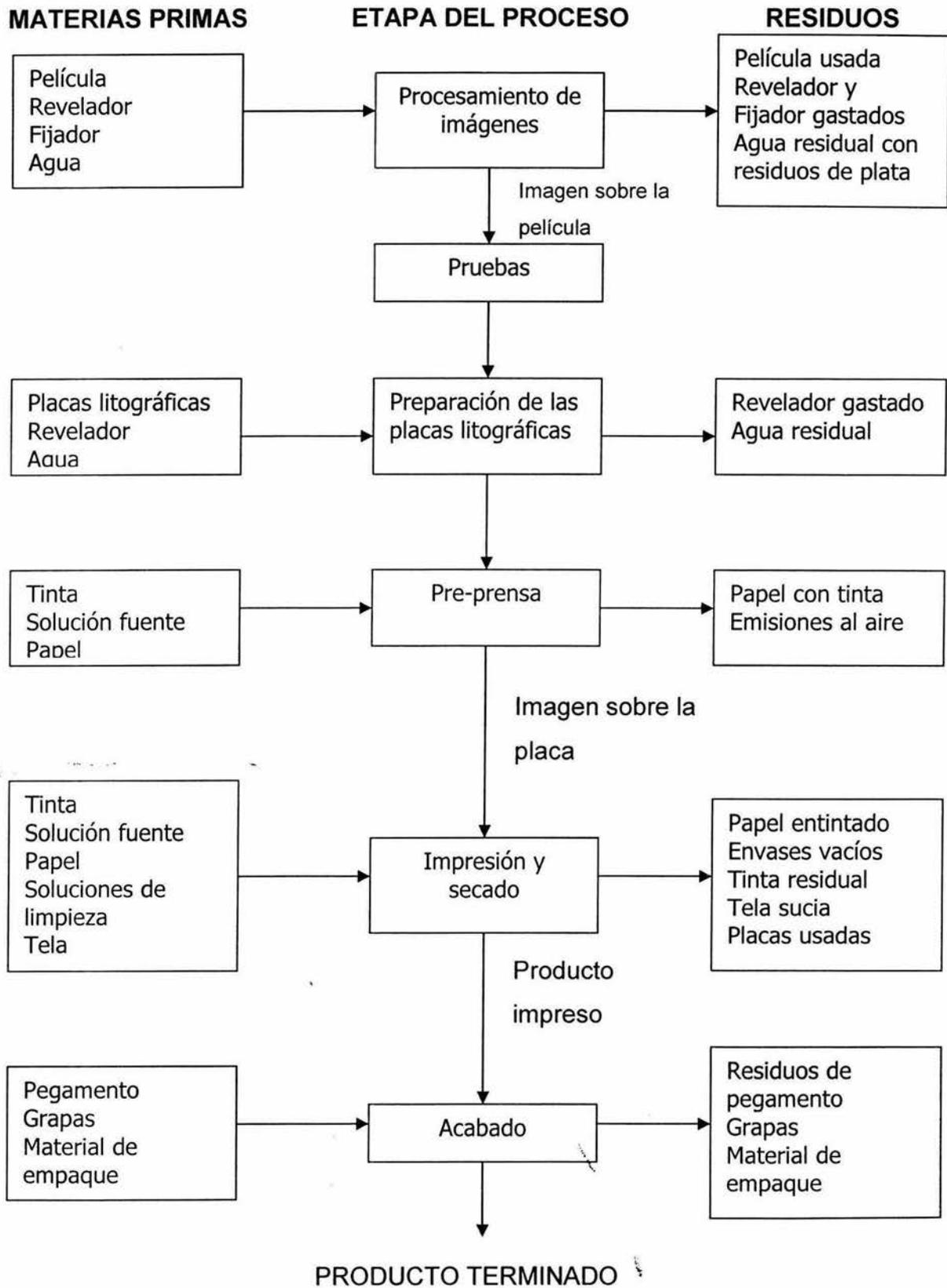


Figura 5. Diagrama general de flujo para la impresión litográfica (offset) y los residuos que genera (CAM-GTZ, 1998)

### 2.2.3. IMPRESIÓN EN HUECO

Este método es el opuesto al relieve. La imagen se encuentra grabada en bajorrelieve o por huecos. La tinta se aloja en éstos y de ellos se transmite al sustrato formando la imagen (Stevenson, 1968). La técnica más empleada de este tipo de impresión es el rotograbado, en donde el medio de impresión es un cilindro, el cual se entinta y después se limpia el exceso de tinta, la que permanece en los huecos se transfiere al sustrato, con un rodillo de contrapresión, formando la imagen. Con esta técnica se pueden imprimir revistas ilustradas, catálogos, papel y plástico para empaque. El diagrama de flujo de este proceso se muestra en la Figura 6.

### 2.2.4 IMPRESIÓN POR PENETRACIÓN

En esta técnica, las partes de la imagen a imprimir del medio de impresión son permeables a la tinta. El medio de impresión es presionado de forma que la tinta pasa a través del tejido del medio de impresión, transmitiéndose al sustrato. El tejido del medio de impresión es una malla fina textil (nylon y poliéster) o pantallas metálicas, que se encuentran tensadas por un marco, la malla o pantalla junto con el marco forman lo que se conoce como "stencil" o bastidor. Si la transmisión de la tinta se realiza en forma mecánica, esta técnica se denomina serigrafía y si la transmisión de la tinta se realiza combinando las fuerzas mecánica y electrostática, se denomina impresión por penetración electrostática.

Dependiendo de los sustratos, esta técnica recibe distintos nombres; por ejemplo, si se imprime en sustratos textiles, se denomina estampado, mientras que en la producción de grabados artísticos, la impresión en papel o plástico se denomina serigrafía (Ross, 1989). La serigrafía puede realizarse en plano, impresión en cilindro, impresión circular, impresión rotativa e impresión de malla sin "rasqueta".

En la Figura 7 se muestra el diagrama de flujo general para la impresión por serigrafía, en éste se muestran las materias primas empleadas y los residuos generados.

**MATERIAS PRIMAS**

**ETAPA DEL PROCESO**

**RESIDUOS**

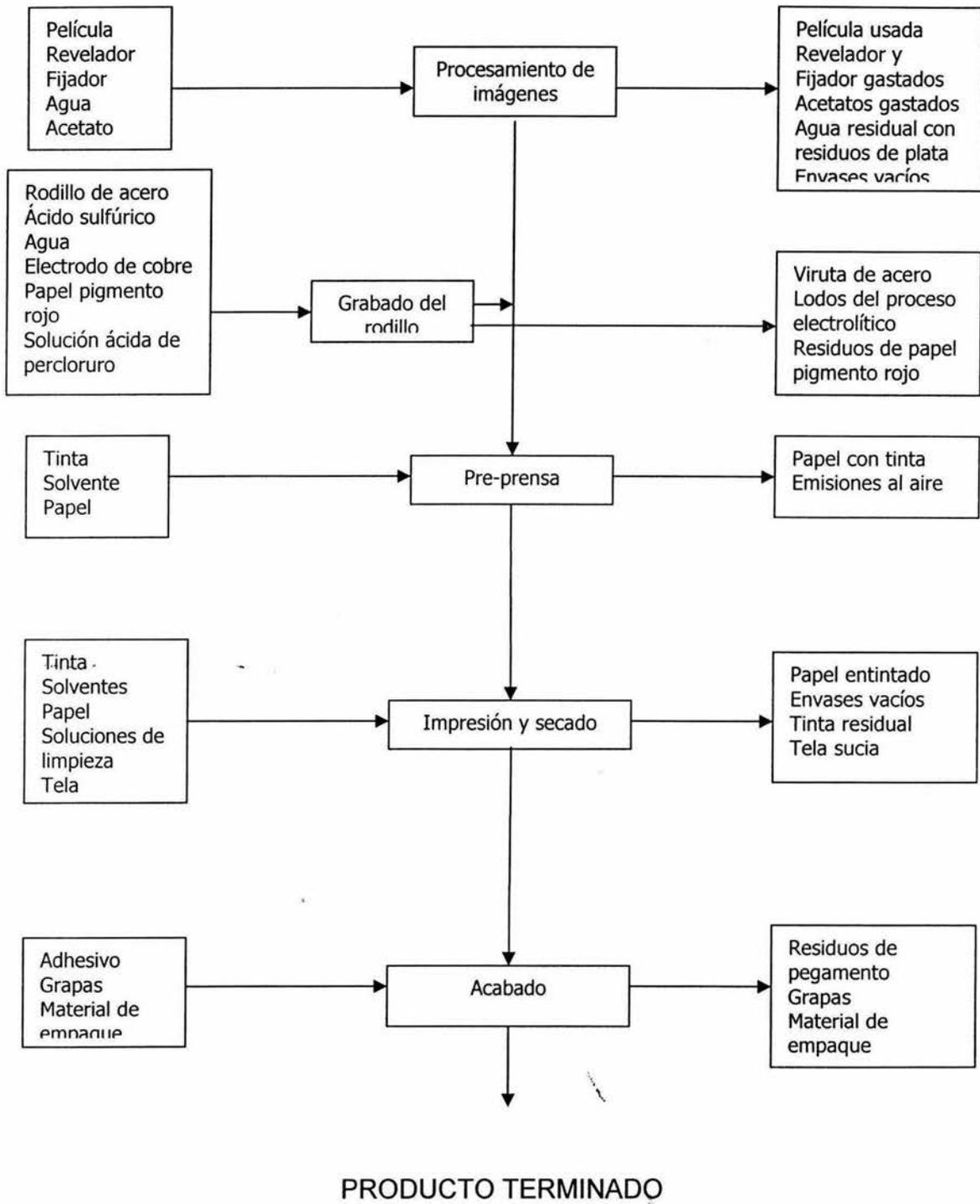


Figura 6. Diagrama general de flujo para la impresión por rotogravado y los residuos que genera (CAM-GTZ, 1998)

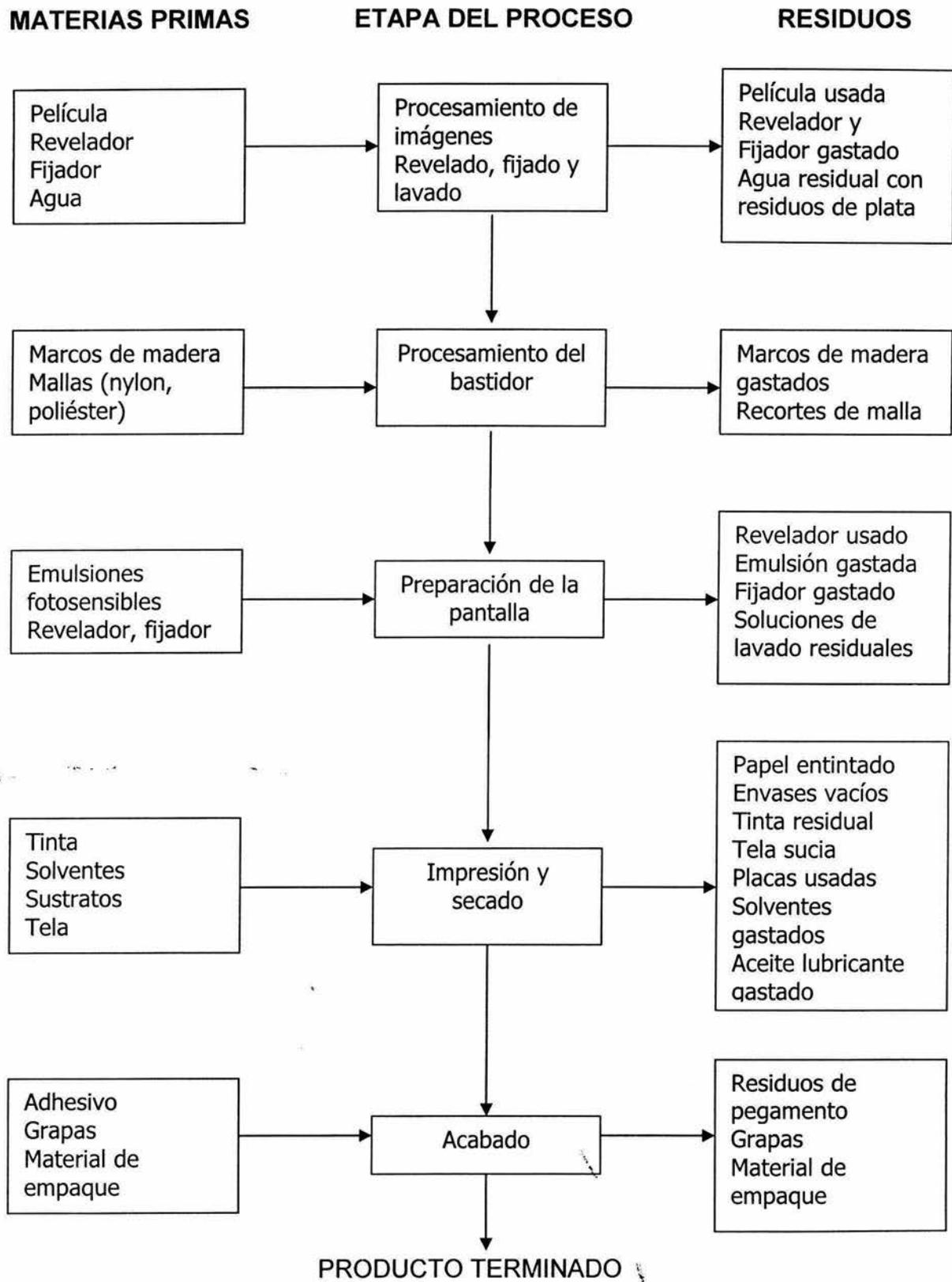


Figura 7. Diagrama de flujo para la impresión por serigrafía y los residuos que genera (CAM-GTZ, 1998)

## 2.3 LEGISLACIÓN NACIONAL E INTERNACIONAL PARA EL MANEJO DE RESIDUOS PELIGROSOS

Para el desarrollo de esta investigación fue necesario conocer el marco normativo que regula a los residuos peligrosos, tanto a nivel nacional como internacional. Esta información permitió conocer los métodos de muestreo, que no existe normativa relacionada a la cuantificación de residuos peligrosos. También fue una herramienta muy valiosa, para evaluar si las condiciones actuales de manejo de los residuos peligrosos dentro de la industria de artes gráficas cumplen con lo establecido en las leyes y normas.

### 2.3.1 LEGISLACIÓN NACIONAL

El marco legal y normativo general para los residuos peligrosos tiene sus orígenes en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. La Constitución marcó la pauta para el establecimiento de los ordenamientos jurídicos que regulan el manejo y disposición de los residuos peligrosos. De lo anterior puede decirse que se tiene en primer lugar a la Constitución, después las Leyes, le siguen los reglamentos y, por último, las normas oficiales mexicanas (NOM). En la tabla 1 se explica en forma general la legislación aplicable en cuanto al manejo y disposición de residuos peligrosos.

La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, aunque no menciona específicamente a los residuos peligrosos, señala que el desequilibrio del ecosistema no debe afectar a la población y en especial al individuo (art. 4). El artículo 27 incorpora el concepto de la conservación de los recursos naturales y la atención a los centros de población para preservar y restaurar el equilibrio ecológico. Por último el artículo 73 menciona la expedición de leyes en materia de protección al ambiente y de preservación y restauración del equilibrio ecológico. Lo anterior marca la pauta de la expedición de leyes, reglamentos y las Normas Oficiales Mexicanas (NOM).

La LGEEPA (2003) en su Título IV, Capítulo VI, artículo 150, establece que "los materiales y residuos peligrosos deberán ser manejados con arreglo a la presente

ley, su reglamento y las NOM que expida la Secretaría (...) la regulación del manejo de esos materiales y residuos incluirá según corresponda, su uso, recolección, almacenamiento, transporte, reuso, reciclaje, tratamiento y disposición final”. En el Artículo 151, establece que “la responsabilidad del manejo y disposición final de los residuos peligrosos es de quien los genera”. Para efecto de esta investigación, cabe señalar que esta ley no contempla en sus disposiciones la cuantificación de residuos peligrosos.

Tabla 1. Legislación nacional en materia de residuos peligrosos.

ORDENAMIENTO	DESCRIPCIÓN
Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos	Establece las bases para la expedición de leyes en materia de protección al ambiente y de preservación y restauración del equilibrio ecológico (Art. 73).
Ley General de Salud	Establece las disposiciones relacionadas con la salud ocupacional y la prevención y control de enfermedades y accidentes.
Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente	Establece que son facultades de la federación: la regulación y el control de la generación, manejo y disposición final de materiales y residuos peligrosos para el ambiente.
Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos	Sus disposiciones tienen como objetivo "garantizar el derecho de toda persona al medio ambiente adecuado y propiciar el desarrollo sustentable a través de la prevención de la generación, la valorización y la gestión integral de los residuos peligrosos..."
Reglamento de la LGEEPA en materia de residuos peligrosos	Establece en forma específica y puntual, las obligaciones de los generadores de residuos peligrosos y las condiciones de manejo de los mismos.
Normas Oficiales Mexicanas	Establecen la forma y procedimientos aplicables al manejo y disposición de los residuos peligrosos.

También se cuenta con la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR, 2003), que tampoco incluye la cuantificación de residuos peligrosos. Entre los aspectos que regula esta ley se encuentra la clasificación de los residuos peligrosos (art. 16), para lo que remite a las NOM. En el artículo 28 establece que “estarán obligados a la formulación y ejecución de los planes de

manejo, los generadores de los residuos peligrosos a los que se refieren las fracciones XII a XV del artículo 31 y de aquellos que se incluyan en las normas oficiales mexicanas correspondientes". Entre los residuos peligrosos que están sujetos a un plan de manejo que se consideran en el artículo 31 y que son de nuestro interés, se encuentran los aceites lubricantes usados y disolventes orgánicos usados. En su Capítulo II, sobre la generación de residuos peligrosos, establece como categorías de los generadores de este tipo de residuos: grandes, pequeños y micro generadores (art. 44), asimismo establece que los generadores deben de identificar, clasificar y manejar sus residuos de conformidad con las disposiciones establecidas en esta misma ley y en las NOM relacionadas (art. 45).

Por otro lado, el Reglamento de la LGEEPA en Materia de Residuos Peligrosos (LGEEPA, 2003) en su Capítulo II, establece como obligaciones de los generadores de residuos peligrosos: Inscribirse en el registro de generadores de residuos peligrosos; llevar una bitácora mensual de los residuos generados; dar a los residuos el manejo previsto en la ley y demás disposiciones complementarias; manejar separadamente los residuos peligrosos que sean incompatibles; envasar, identificar y almacenar sus residuos peligrosos; transportar y dar tratamiento a sus residuos peligrosos, así como, dar la disposición final que corresponda; remitir a la Secretaría un informe semestral; las demás previstas en el Reglamento y otras disposiciones aplicables. En su Capítulo III establece los requerimientos que deben cumplir las áreas de almacenamiento temporal para los RP y las disposiciones generales para la disposición final de los mismos.

También se cuenta con el Reglamento para el transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos y, por último, se cuenta con las Normas Oficiales Mexicanas, las cuales son de carácter obligatorio. En las Tablas 2 y 3 se enumeran las Normas relacionadas con el manejo de los residuos peligrosos.

De la revisión del marco legal nacional en materia de residuos peligrosos, no se encontró regulación ni métodos establecidos para la cuantificación de residuos peligrosos, que puedan tomarse como base para cumplir el objetivo de esta investigación.

Tabla 2. Normas oficiales mexicanas en materia de residuos peligrosos<sup>2</sup>

NORMA	OBJETIVO
NOM-052-ECOL-1993	Establecer las características de los residuos peligrosos, el listado de los mismos y los límites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente
PROY-NOM-052-ECOL-1999	Establecer las características, el procedimiento de identificación, clasificación y el listado de los residuos peligrosos
NOM-053-ECOL-1993	Establecer el procedimiento para llevar a cabo la prueba de extracción para determinar los constituyentes que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente
NOM-054-ECOL-1993	Establecer el procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos considerados como peligrosos por la Norma Oficial Mexicana NOM-052-ECOL-1993
NOM-055-ECOL-1993	Establecer los requisitos que deben reunir los sitios destinados al confinamiento controlado de residuos peligrosos, excepto de los radiactivos
NOM-056-ECOL-1993	Establecer los requisitos para el diseño y construcción de las obras complementarias de un confinamiento controlado de residuos peligrosos
NOM-057-ECOL-1993	Establecer los requisitos que deben observarse en el diseño, construcción y operación de celdas de un confinamiento controlado para residuos peligrosos
NOM-058-ECOL-1993	Establecer los requisitos para la operación de un confinamiento controlado de residuos peligrosos
<b>NORMATIVIDAD PARA AGUAS RESIDUALES</b>	
NOM-001-ECOL-1996	Establecer los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales
NOM-002-ECOL-1996	Establecer los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal

<sup>2</sup> Secretaría de Economía, Dirección General de Normas. Catálogo de Normas Oficiales Mexicanas [en línea]. México D. F. México, actualizado abril 2004, [citado 25 marzo 2004]. Disponible en <<http://www.economia-noms.gob.mx>>.

Tabla 3. Normas oficiales mexicanas en materia de transporte de residuos peligrosos<sup>3</sup>

NORMA	OBJETIVO
NOM-002-SCT2-1993	Identificar y clasificar las sustancias y materiales peligrosos más usualmente transportados, de acuerdo a la clase, división de riesgo secundario, número de Naciones Unidas, así como las disposiciones especiales a que deberá sujetarse el transporte de sustancias y materiales y el método de envase y embalaje
NOM-003-SCT-2000	Establecer las características, dimensiones, símbolos y colores de las etiquetas que deben tener todos los envases y embalajes
NOM-004-SCT-2000	Establecer el sistema de identificación de unidades destinadas al transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos
NOM-005-SCT-2000	Establecer información de emergencia para el transporte terrestre de sustancias, materiales y residuos peligrosos
NOM-006-SCT2-2000	Establecer los aspectos básicos para la revisión ocular diaria de la unidad destinada al autotransporte de materiales y residuos peligrosos
NOM-007-SCT2-1993	Envases y embalajes destinados al transporte de sustancias y residuos peligrosos
NOM-007-SCT2-2002	Establecer las condiciones de marcado de envases y embalajes destinados al transporte de sustancias y residuos peligrosos
NOM-010-SCT2-1994	Establecer las disposiciones de compatibilidad y segregación, para el mantenimiento y transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos
NOM-011-SCT2-1994	Establecer las condiciones para el transporte de las sustancias, materiales y residuos peligrosos en cantidades limitadas
NOM-024-SCT2-1994	Establecer las especificaciones para la construcción y reconstrucción, así como los métodos de prueba de los envases y embalajes de las sustancias y residuos peligrosos
NOM-024-SCT2-2002	Establecer las especificaciones para la construcción y reconstrucción, así como los métodos de prueba de los envases y embalajes de las sustancias y residuos peligrosos
NOM-043-SCT2-1994	Establecer el documento de embarque de sustancias, materiales y residuos peligrosos

<sup>3</sup> Secretaría de Economía, Dirección General de Normas. Catálogo de Normas Oficiales Mexicanas [en línea]. México D. F. México, actualizado abril 2004, [citado 25 marzo 2004]. Disponible en <<http://www.economia-noms.gob.mx>>.

Las normas relacionadas a las descargas de aguas residuales también deben considerarse, ya que las empresas litográficas deben cumplir con los límites establecidos en ellas. El cumplimiento de estas normas puede verse afectado debido a que en ocasiones se vierten las soluciones de lavado y la solución fuente en el sistema de alcantarillado.

Cabe señalar que las normas son los instrumentos que permiten la aplicación última de los conceptos de las leyes y sus reglamentos, permitiendo a la autoridad competente la vigilancia y aplicación de las sanciones, en caso del no cumplimiento de lo establecido en dichos ordenamientos.

### 2.3.2 LEGISLACIÓN INTERNACIONAL

#### A. UNIÓN EUROPEA

En la unión europea se cuenta con la Directiva 75/442/CEE (Portal de la UE, 2004), que establece definiciones de términos relacionados a los residuos, señala que los Estados miembros deben adoptar medidas adecuadas para promover la prevención, reciclaje y transformación de los residuos, asegurando que no se pone en peligro la salud del hombre y sin perjudicar al ambiente, principalmente. La Directiva 67/ 548/ CEE (Portal de la UE, 2004), establece las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas en materia de clasificación, embalaje y etiquetado de las sustancias peligrosas.

La Directiva 91/689/CEE (Portal de la UE, 2004) tiene como objetivo el uniformar las legislaciones de los Estados miembros en materia de manejo de residuos peligrosos y obliga a las instalaciones que se ocupan de la gestión de residuos y a los productores de residuos peligrosos a llevar registros. Esta directiva establece que no deben mezclarse los residuos peligrosos entre sí, ni con residuos no peligrosos; que se puede realizar la separación de residuos que se encuentren mezclados con otras sustancias o materiales, siempre y cuando sea técnica y económicamente viable y cuando sea necesario. También establece las categorías o tipos genéricos de residuos peligrosos, clasificados según su naturaleza o la actividad que los genera; los constituyentes de los residuos que confieren las características de

peligrosidad y las características de peligrosidad de los mismos. Es importante señalar que la legislación de la Unión Europea tampoco considera la cuantificación de los residuos peligrosos, sin embargo, resulta de interés mencionar parte de los residuos peligrosos incluidos en la Directiva/2001/573 (COMEI, 2004): “Se consideran residuos peligrosos (...) los líquidos acuosos que contienen tinta, los residuos de tintas que contienen sustancias peligrosas, lodos de tinta que contienen sustancias peligrosas, soluciones de revelado y soluciones activadoras al agua, soluciones de revelado de placas de impresión al agua, soluciones de revelado con disolventes, soluciones de fijado, soluciones de blanqueo y soluciones de blanqueo-fijado, residuos que contienen plata procedente del tratamiento in situ de residuos fotográficos, películas y papel fotográfico que contienen plata o compuestos de plata, películas y papel fotográfico que no contienen plata ni compuestos de plata...”

## B. ESTADOS UNIDOS

La EPA regula los residuos peligrosos en los Estados Unidos, en el CFR 40 (por su nombre en inglés Code of Federal Regulations), parte 261 (EPA, 2004), en el apartado B, establece los criterios para la identificación de las características de los residuos peligrosos y su listado; en el apartado C establece las características que hacen peligroso a un residuo y en el apartado D se encuentran los listados de residuos peligrosos por fuente no específica y por fuente específica. Esta parte cuenta con 4 anexos; en el Apéndice I se establecen los métodos de muestreo representativo; en el Apéndice II se describe el método de extracción para la caracterización de la toxicidad de un residuo (método 1311 Toxicity Characteristic Leaching Procedure “TCLP”); en el Apéndice III se establecen los métodos para análisis químico y por último, en el Apéndice IV se presentan los métodos de prueba para los residuos radiactivos. De esta información se observó que no se cuenta con disposiciones relacionadas a la cuantificación de residuos peligrosos.

## 2.4 SITUACIÓN ACTUAL DEL MANEJO DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS EN LA INDUSTRIA GRÁFICA

Se han realizado estudios para estimar los residuos peligrosos generados en la industria manufacturera en general. Estos estudios se basaron en la Clasificación

Mexicana de Actividades Económicas y Productos (CMAP), la cual muestra 3 niveles de desglose que son: Sector, rama y clase de actividad económica. Esta clasificación está basada en la Clasificación Industrial Internacional Uniforme de todas las actividades económicas (CIIU).

Posterior a la clasificación se seleccionaron empresas con criterios basados en el tamaño y el tipo de generación de residuos peligrosos. En estos estudios se identificaron 38,706 empresas, de las cuales 30,407 se encontraban en el Distrito Federal y 8,209 en el Estado de México. En estos estudios se correlacionó la clasificación del CMAP con los códigos SIC (Estándar Industrial Code) utilizados en Ontario, Canadá. De la información de Canadá se obtuvieron índices de generación de residuos en toneladas por empleado por año. Posteriormente, estos índices se aplicaron a las industrias establecidas en la Zona Metropolitana del Valle de México para estimar la generación de residuos. Este tipo de estudios han servido como base a otros estudios, relacionados con el manejo de los residuos peligrosos, como veremos posteriormente.

La industria de artes gráficas es uno de los sectores de la producción que contribuye considerablemente a la generación de residuos peligrosos, especialmente con solventes residuales (CAM-GTZ, 1998). De acuerdo a reportes de SEMARNAT, esta industria también contribuye a las emisiones a la atmósfera, como se puede observar en la Tabla 4. Esto se debe a la utilización de hidrocarburos que durante su uso se evaporan.

Las industrias se han preocupado por cumplir con la normatividad que regula el manejo de los residuos peligrosos y que establece los límites máximos permisibles de contaminantes al agua y al aire. Sin embargo, de estudios realizados por la Comisión Ambiental Metropolitana (CAM) en colaboración con la Agencia de Cooperación Técnica Alemana (GTZ), se ha observado que las principales etapas de manejo, con relación a la disposición de los residuos una vez que se han generado y que llevan a cabo las empresas, son las siguientes (CAM-GTZ, 1998):

- a) Almacenamiento temporal dentro de la misma empresa

- b) Reutilización
- c) Reciclaje
- d) Descarga directa al drenaje
- e) Relleno sanitario
- f) Confinamiento controlado

A continuación se describen brevemente cada una de las etapas anteriores.

*a) Almacenamiento temporal*

En general, las empresas cuentan con un área destinada al almacenamiento de los residuos industriales no peligrosos que generan y, en ocasiones, con otra área para los residuos que se consideran como peligrosos de acuerdo con la norma oficial NOM-052-ECOL-1993 (DOF, 1993).

En las empresas de artes gráficas, en general, las instalaciones cuentan con áreas específicas para los residuos que se separan de origen, como es el caso del papel, el cual no se reincorpora al proceso de impresión, sino que se vende a comercializadoras para su posterior integración a los procesos de fabricación de papel reciclado. Con las láminas, que tienen grabadas las imágenes a imprimir, ocurre algo semejante enviándose a fundición para su reciclaje.

En el estudio realizado por la CAM-GTZ (1998), se reporta que de 25 empresas visitadas del sector de la impresión, la mayoría almacena en la misma área tanto los residuos peligrosos como los no peligrosos.

En general, los residuos son almacenados por largos periodos, que pueden ir desde un par de meses hasta años. Entre los contenedores más comunes para su almacenamiento se encontraron recipientes metálicos de 200 litros, con tapa hermética, en forma de tambor, conocidos como "tambos".

TABLA 4. Inventarios de emisiones a la atmósfera en la Zona Metropolitana del Valle de México, en toneladas por año (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales<sup>4</sup>)

TIPO DE FUENTE	PARTÍCULAS	SO <sub>2</sub>	CO	NOX	HC	TOTAL
Industria						
Generación de energía eléctrica	163	19	1,291	17,855	97	19,425
Refinación de petróleo/petroquímicas	7	85	5	28	158	282
Industria química	974	3,443	2,601	2,477	7,198	16,692
Minerales metálicos	550	622	1,458	553	461	3,645
Minerales no metálicos	1,675	11,711	323	4,934	3,168	21,810
Productos vegetales y animales	111	842	40	260	239	1,492
Madera y derivados	384	3,912	463	1,822	1,442	8,024
Productos de consumo alimenticio	799	2,111	406	1,069	397	4,782
Industria del vestido	460	2,405	734	1,091	605	5,295
Productos de consumo (varios)	67	109	74	678	304	1,232
Productos de impresión	776	19	15	14	5,015	5,839
Productos metálicos	197	559	653	468	1,548	3,425
Productos de consumo de vida media	99	38	101	70	599	907
Productos de consumo de vida larga	93	172	524	196	2,959	3,944
<b>Artes gráficas</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>8,788</b>	<b>8,788</b>
Otros	3	5	8	4	121	141

<sup>4</sup> Dirección General de Gestión de la Calidad del Aire y Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes. Inventario de emisiones de la Zona Metropolitana del Valle de México [en línea]. México D. F. México: actualizado marzo 18, 2004 [citado 25 marzo 2004]. Disponible en <[http://sadgitx02.semarnat.gob.mx/wps/portal/.cmd/cs/.ce/155/.s/4822/\\_lpid.1386/1611/\\_th/902/\\_lp.1386/0/\\_s.155/4819](http://sadgitx02.semarnat.gob.mx/wps/portal/.cmd/cs/.ce/155/.s/4822/_lpid.1386/1611/_th/902/_lp.1386/0/_s.155/4819)>.

### *b) Reutilización*

Por lo general, dentro de la industria de artes gráficas, no se reutilizan los residuos como los solventes, limpiadores y tintas. En su mayoría, éstos se envían a las empresas de tratamiento o reacondicionadoras de combustibles alternos.

Los materiales, en este caso, forman parte de las materias primas que ingresan al proceso de fabricación de otros materiales. Se ha reportado que, en la industria de artes gráficas, se reutilizan los envases vacíos de tintas y solventes como recipientes para almacenar en las áreas de proceso y transportar hacia las áreas de almacenamiento algunos residuos y para efectuar diluciones; sin embargo, una cantidad considerable se descartan y desalojan de las instalaciones de las empresas mezclados con los residuos industriales no peligrosos, provenientes de las áreas administrativas y de comedor.

### *c) Reciclaje y tratamiento*

Algunas empresas envían sus solventes gastados, residuos de limpiadores y aceites gastados principalmente, a empresas de tratamiento, quienes se encargan de acondicionarlos como combustibles alternos para emplearse en los hornos de las plantas cementeras (Huesca-Barnetche, 1995). Otras empresas proporcionan tratamiento a los residuos peligrosos generados, principalmente por incineración en las plantas autorizadas por el INE y la SEMARNAT. De acuerdo al INE, la evolución de la infraestructura para el manejo de residuos peligrosos en México de 1993 al 2000, fue de la siguiente forma: Las empresas que prestan servicios de reciclaje incrementaron de 8 a 140, las empresas de tratamiento incrementaron de 3 a 60 y las de confinamiento de 1 a 3.

Las empresas de tratamiento reportan que pueden manejar residuos industriales, chatarra, metales, grasas y aceites, solventes, productos químicos, residuos textiles y fotográficos (ver Tabla 5).

En el caso de los residuos fotográficos, son pocas las empresas que manifiestan que realizan el manejo y disposición final de los residuos fotográficos y éstas se encuentran localizadas en el interior de la República. En la Figura 8 se muestra la

infraestructura para el tratamiento y disposición final de residuos peligrosos en México.

Tabla 5. Modalidades de servicios de reciclado de residuos peligrosos y capacidad instalada

<b>RECICLAJE DE</b>	<b>CAPACIDAD INSTALADA (Ton/Año)</b>
<b>Aceite, lubricante usado</b>	<b>116,181</b>
<b>Solventes</b>	<b>197,369</b>
<b>Líquido fijador "cansado"</b>	<b>5</b>
Material textil	300
Metales	504,913
<b>Tambores</b>	<b>44,863</b>
Pinturas	17,655
Otros (Grasa vegetal, líquido para frenos)	3,668
<b>Reciclaje energético (*)</b>	<b>1'249,841</b>
<b>TOTAL</b>	<b>2'134,795</b>
(*) Elaboración de combustible alternativo	806,756

Fuente: INE-SEMARNAP (2000, DGGIMAR<sup>5</sup>).

Aunque la infraestructura para el manejo de los residuos peligrosos ha crecido considerablemente aún es necesario ampliarla de acuerdo a las necesidades de cada región, con una visión estratégica. Una planeación estratégica puede llevarse a cabo con inventarios de generación de residuos peligrosos, precisando la cantidad producida por las diferentes fuentes y por entidad federativa.

<sup>5</sup> Dirección General de Gestión Integral de Materiales y Actividades Riesgosas, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Infraestructura para el manejo de RP. Actualización agosto 21, 2003. Disponible en <<http://www.semarnat.gob.mx/dgmic/rpaar/rp/infraestructura/infraestructura.shtml>>.



Figura 8. Distribución geográfica de la infraestructura de tratamiento y disposición final de residuos peligrosos, 2003 (adaptado de la DGGIMAR<sup>6</sup>)

*d) Descarga directa al drenaje*

En el estudio realizado por la CAM-GTZ, se reporta que la mayoría de las soluciones de lavado, revelado y fijado de la película fotográfica se descargan directamente a la red de alcantarillado urbano o municipal. Esto se debe principalmente a que se generan grandes volúmenes, cuyas necesidades de almacenamiento en ocasiones no pueden satisfacerse por falta de espacio, sobre todo, en aquellas empresas donde estos procesos se realizan en forma manual.

<sup>6</sup> Dirección General de Gestión Integral de Materiales y Actividades Riesgosas, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [en línea]. Directorio de empresas para el manejo de RP. Actualización octubre 12, 2004. Disponible en <<http://www.semarnat.gob.mx/dgmic/rpaar/rp/directorio/rubro1.shtml>>.

#### *e) Relleno sanitario*

Como se mencionó anteriormente, una cantidad considerable de envases vacíos de tintas y solventes se descartan y desalojan de las instalaciones de las empresas mezclados con los residuos no peligrosos. Estos residuos se disponen finalmente en rellenos sanitarios, como el de Bordo Poniente, para la Ciudad de México. En el caso de los residuos sólidos no peligrosos, cuando la cantidad generada es menor a 50 kg diarios, éstos son recolectados por las autoridades locales. Cuando la cantidad de residuos sólidos que generan es igual o mayor a los 50 kg diarios, el servicio de recolección pueden realizarlo las autoridades locales, siempre y cuando, la empresa pague las tarifas correspondientes, ésta es una nueva disposición de la Ley de Residuos Sólidos del Distrito Federal. Es mucho más común que el servicio de recolección de los residuos se realice por empresas privadas.

En 2002, había en México 42 empresas privadas para el manejo de residuos sólidos (Anónimo, 2002) pero, de acuerdo a información proporcionada por el Ing. Ricardo Estrada Núñez, Subdirector de Recolección del Distrito Federal, hasta agosto de 2004 se encuentran registradas 14 empresas privadas para la prestación de servicios de recolección de residuos sólidos en la Ciudad de México. No obstante, aún se está preparando el procedimiento para el registro y autorización de este tipo de empresas. De las 14 empresas, 12 se encuentran en el Distrito Federal y 2 en el Estado de México. En el caso de los residuos del giro de la impresión, se debe tomar en cuenta que la mayoría de los envases que se disponen como residuos sólidos no peligrosos, tienen remanentes de los materiales que contuvieron, muchos de los cuales son inflamables, por lo que debieran ser manejados como residuos peligrosos.

#### *f) Confinamiento controlado*

En el estudio de la CAM-GTZ (1998) se reporta que, en promedio, se envían anualmente 53 toneladas de residuos peligrosos a confinamiento controlado, los cuales representan el 2.3% del total de los residuos generados. En México, existen pocos confinamientos controlados autorizados para residuos peligrosos, entre los que se encuentra el de Mina, Nuevo León, el cual está operando actualmente.

## CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA

El objetivo de este trabajo fue proponer una metodología para cuantificar los residuos peligrosos que se generan en la industria de artes gráficas. Esta metodología de muestreo se adaptó de una serie de técnicas y normas existentes, con respecto al muestreo de residuos peligrosos y a la cuantificación de residuos sólidos municipales, misma que se aplicó a una empresa específica. Con los resultados que se obtuvieron se establecieron propuestas para el manejo integral de estos residuos, en la empresa en estudio. En el Diagrama 1 se presenta la metodología general que se empleó para el desarrollo de esta investigación.

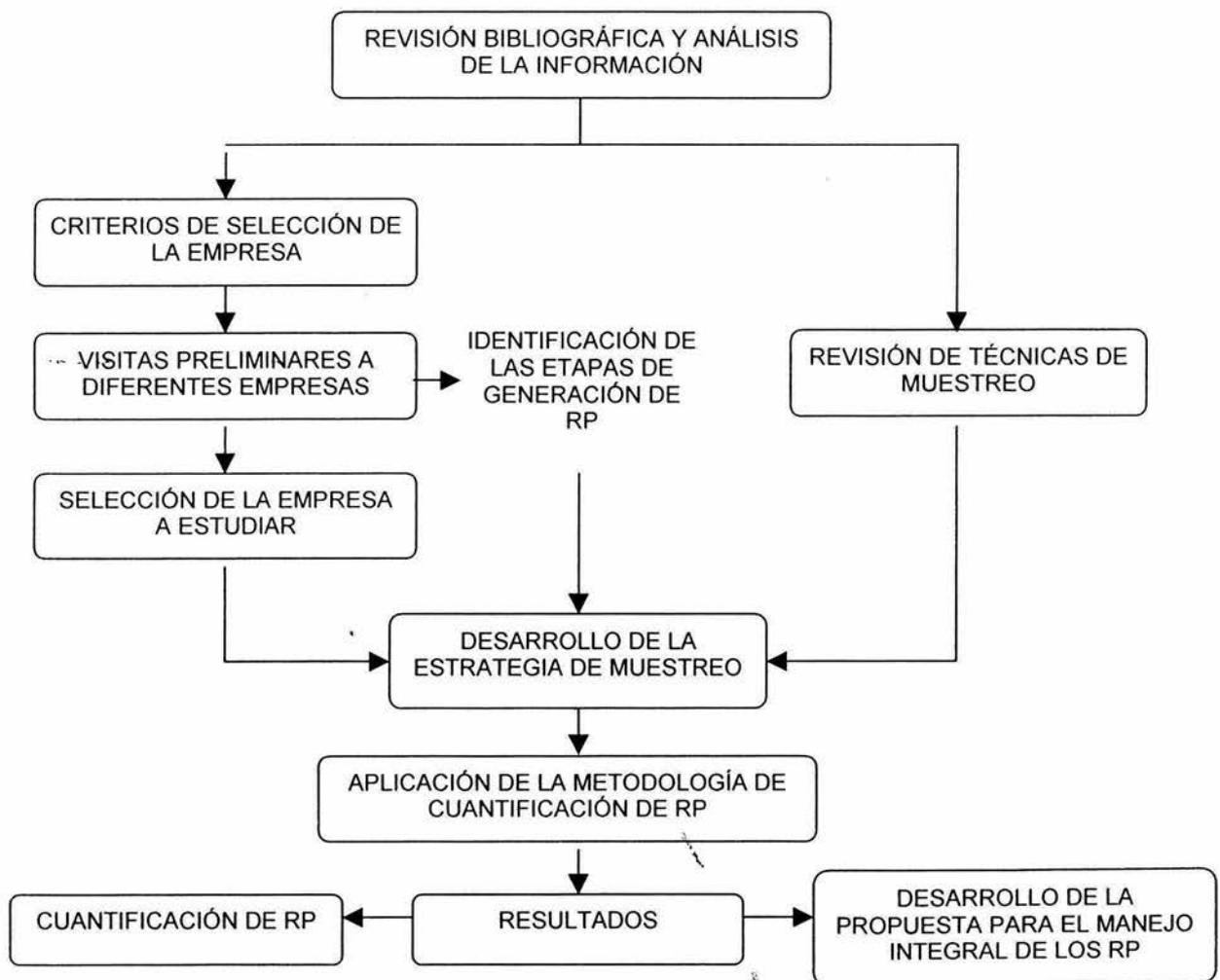


Diagrama 1. Metodología general de la investigación

En este capítulo se describen las etapas del diagrama anterior, las técnicas de muestreo para los residuos peligrosos, los aspectos que se adaptaron de cada una de ellas para la propuesta, así como la metodología que se aplicó en el estudio.

### 3.1 TÉCNICAS DE MUESTREO

De la investigación bibliográfica y el análisis de información se encontró que la planeación de las estrategias y técnicas de muestreo de residuos peligrosos, así como su realización, es mucho más compleja que el equipo con el que se toman y analizan las muestras. La estrategia de muestreo debe ser consistente con los objetivos del proyecto total y debe incluir la selección y caracterización de las fuentes de residuos (Navarrete-Rodríguez y Becerril, 1996). De esta información destacan los métodos de referencia de la USEPA.

#### 3.1.1. MÉTODOS DE REFERENCIA DE LA USEPA

La Agencia de Protección Ambiental de los EEUUA (USEPA), en el Apéndice I, parte 261, proporciona una guía con respecto a algunos métodos aceptables para obtener una "muestra representativa" de residuos. Sin embargo, la poca información en este campo señala que los residuos peligrosos pueden ser mezclas multifases complejas, con una variedad de propiedades físicas y químicas. Además, los residuos pueden encontrarse contenidos en una diversidad de recipientes, estanques o bien depositados en determinadas áreas de suelo. Debido a todas estas posibilidades, es imposible presentar un procedimiento normalizado para el muestreo de residuos peligrosos.

Entre las estrategias que se recomiendan en la bibliografía (Navarrete-Rodríguez y Becerril, 1996), se encuentran las siguientes, cuya selección y aplicación depende del grado de información de que se disponga, respecto a la naturaleza de los residuos que se van a muestrear:

1. Muestreo al azar simple
2. Muestreo al azar estratificado
3. Muestreo al azar sistemático

#### 4. Muestreo autorizado

Estas cuatro técnicas de muestreo se aplican principalmente cuando no se sabe la naturaleza de los residuos y se desean realizar pruebas para determinar si los residuos en cuestión son peligrosos o no.

#### 3.1.2. NORMAS OFICIALES MEXICANAS

Cabe señalar que en México se cuenta con una serie de normas oficiales para determinar la generación y muestreo de residuos sólidos municipales, principalmente. En este sentido, la norma NOM-AA-61-1985 (DOF, 1985) fue importante, ya que, establece algunos aspectos relevantes, como son:

1. La ubicación del universo de trabajo
2. La selección aleatoria de los elementos del universo de trabajo, que conformarán la muestra
3. La realización de una operación de limpieza
4. La recolección diaria de los residuos, el pesaje de los mismos y el registro de los datos en el formato correspondiente
5. El proceso se repite durante una semana

Tomando en cuenta esta información y las técnicas de muestreo que se mencionan en los párrafos anteriores, se adaptaron algunos de estos aspectos para establecer la metodología para el estudio de generación de los residuos peligrosos dentro de la empresa en estudio. En la siguiente sección se describe el criterio que se empleó para la selección de dicha empresa.

#### 3.2. SELECCIÓN DE LA EMPRESA

La selección de la empresa en donde se llevaría a cabo el estudio se realizó en tres etapas:

1. Preselección

## 2. Contactos y entrevistas

## 3. Selección

A continuación se describe cada una de las etapas.

### 1. Preselección

En primer lugar se delimitó el universo de trabajo, es decir, se preseleccionó un grupo de empresas tomando en cuenta los siguientes criterios:

a) Localización. De la revisión bibliográfica, se encontró que el Distrito Federal (D. F.) y el Estado de México, son las entidades federativas que más contribuyen a la generación de residuos peligrosos, con 1,839 miles de ton/año, y 1,415 miles de ton/año respectivamente (SEMARNAP, 1997). Esta fuente de información indica que el D. F. contribuye con un 22.98% de la generación total de los residuos peligrosos en México. También se observó que en el Distrito Federal las empresas de impresión representan alrededor de un 30% del total de las industrias que contribuyen a la generación de residuos peligrosos. De lo anterior se desprende que el Distrito Federal es la entidad con la mayor cantidad de empresas de artes gráficas.

b) Tipo de proceso y tamaño de la empresa. Otro de los aspectos que se consideraron fue el tipo de proceso. En la información se encontró que uno de los procesos más comunes es el "offset", ya que se utiliza para la impresión de revistas, periódicos y libros, principalmente. Por último, se consideró que una empresa mediana es representativa de este giro, y que, para la realización del estudio, era primordial que los representantes estuvieran interesados y que otorgaran las facilidades necesarias. De acuerdo con lo anterior los criterios de preselección fueron:

- i. Que la empresa se encontrara ubicada en el Distrito Federal.
- ii. Que la empresa fuera representativa del sector de artes gráficas, empleando uno de los procesos más comunes.

- iii. Que la empresa fuera mediana (de acuerdo con la clasificación del SIEM).
- iv. El interés y la disponibilidad de los representantes para la realización del estudio.

## 2. Contactos y entrevistas

Una vez establecidos los criterios, se realizaron visitas a la Cámara Nacional de Artes Gráficas (CANAGRAF), donde proporcionaron información general de las empresas medianas que pudieran estar interesadas en el estudio. Con la información de la CANAGRAF, se obtuvo una lista de las posibles empresas donde se realizaría el estudio de campo. Posteriormente, se contactó a los representantes de cada una de ellas, solicitando entrevistas para informarles sobre el proyecto y evaluar su interés y disponibilidad para la realización del mismo. Éste fue el criterio final de selección de la empresa para la realización de este estudio.

## 3. Selección

Con base en las entrevistas realizadas con los representantes de diferentes empresas y conforme a los criterios antes presentados, se seleccionó una empresa localizada en la Delegación Iztacalco. Se obtuvo la autorización del representante de esta empresa para realizar visitas preliminares y el estudio de campo. De las visitas preliminares se identificaron las etapas de generación de los residuos peligrosos, tales como el revelado de placas, la impresión y la limpieza y mantenimiento de las impresoras. De acuerdo con los registros de las cantidades generadas de residuos peligrosos y de la disponibilidad de equipo y materiales, se definieron las capacidades del equipo que se empleó en el estudio.

### 3.3. METODOLOGÍA PROPUESTA PARA EL MUESTREO Y CUANTIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS

Un estudio de generación de residuos permite obtener información precisa sobre el flujo y tipos de los mismos. Esta información es necesaria para la planeación, implementación o evaluación de un programa de manejo integral de residuos, ya sean peligrosos o no peligrosos. Sin embargo, actualmente no se cuenta con

normatividad mexicana, ni internacional, que establezca una metodología precisa, que incluya los pasos a seguir para determinar la cantidad de residuos peligrosos que se generan en la industria en general. De lo anterior se deriva la adaptación de una metodología que permita cuantificar los residuos peligrosos en la empresa seleccionada.

De la información bibliográfica relacionada con el muestreo de los residuos peligrosos y las normas mexicanas para la determinación de la generación de los residuos sólidos municipales, que se presentaron en la sección 3.1, se adaptaron algunos aspectos para el establecimiento de la metodología para la cuantificación de los residuos peligrosos en la industria de artes gráficas, conforme a las etapas que se muestran en el Diagrama 2.

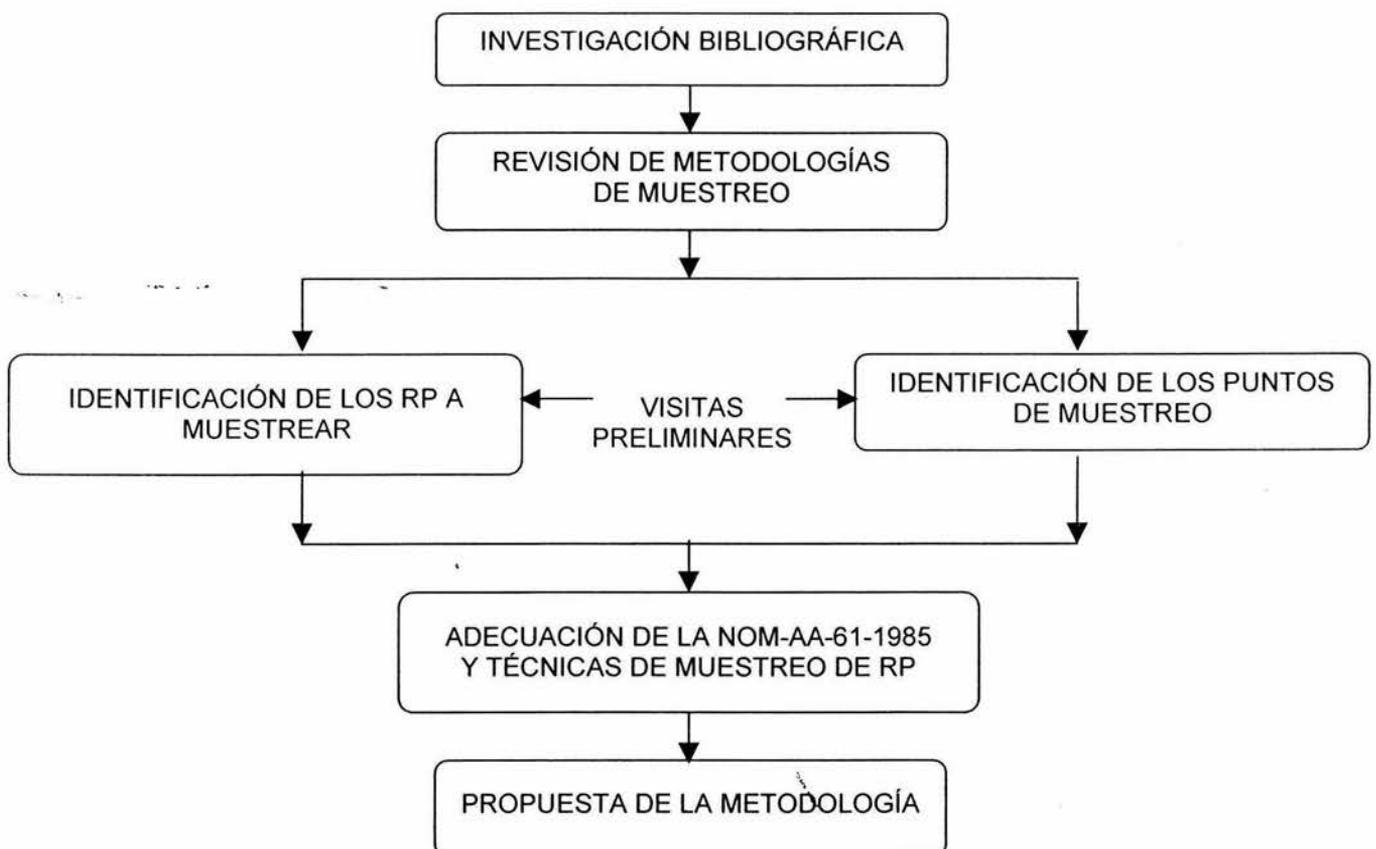


Diagrama 2. Secuencia para el desarrollo de la metodología propuesta en esta investigación para el muestreo y cuantificación de residuos peligrosos, RP

Para instrumentar la metodología para la cuantificación de los residuos, se obtuvo información sobre el tipo de procesos empleados en la industria de la impresión y de

los tipos de residuos que generan. También se buscó información general de la normatividad relacionada con el manejo de los residuos peligrosos y con las visitas preliminares a diferentes empresas de artes gráficas, se identificaron los residuos peligrosos que generan, como son solventes de limpieza, residuos de tintas, envases vacíos con remanentes de tintas y solventes de limpieza, toallas industriales empleadas en la limpieza de las impresoras, reveladores, fijadores y aceites gastados, que serían los residuos a cuantificar en el trabajo de campo. De la información sobre los procesos de impresión se determinó que los puntos de muestreo deben corresponder a las unidades impresoras, que es el punto donde se genera la mayor cantidad de residuos peligrosos, con excepción del área de imagen, en donde se revelan las placas.

Una vez identificados los tipos de residuos y los puntos generadores de los mismos, y con las metodologías descritas anteriormente, se adecuaron las técnicas de muestreo de residuos peligrosos y la norma NOM-AA-61-1985, sobre la determinación de la generación de residuos sólidos.

Los aspectos que se adaptaron fueron los siguientes:

a) Los aparatos y equipo a emplear para cuantificar los residuos es el mínimo requerido por la norma NOM-AA-61-1985, que consisten en:

Báscula con capacidad máxima de 100 kg y precisión de 1 g o similar

Báscula con capacidad mínima de 10 kg y precisión de 1 g o similar

Tablas de inventario

Bolsas de polietileno de 0.70m x 0.50 m y calibre mínimo del No. 200

Guantes de carnaza

Papelería y varios (lápices y formatos de registro)

Recipientes de plástico (cubetas) de diferentes capacidades

En este caso se adicionaron recipientes de plástico para contener y manipular los residuos líquidos que se generan en este tipo de industria. La capacidad de estos recipientes se definió con las visitas preliminares a la empresa donde se realizaría el estudio.

b) La técnica de muestreo a emplear es la técnica de muestreo al azar sistemático. Esta técnica se aplica cuando la población de la que se colectan al azar las muestras, es casi en su totalidad heterogénea en sus propiedades químicas. La primera muestra se escoge al azar entre la población, y el resto de las muestras se toma a intervalos de tiempo fijos, ya sea cada 30 minutos o cada hora, a lo largo de la duración del muestreo. Se escogió esta técnica, debido a la naturaleza de los residuos a cuantificar, que generalmente se presentan en mezclas heterogéneas. Con este muestreo no se pretendió determinar la peligrosidad de los residuos.

c) Antes de la realización del muestreo se debe realizar una operación de limpieza, que permita asegurar que los residuos muestreados corresponden sólo al período de realización del estudio. Esta operación se adaptó de la norma NOM-AA-61-1985.

Con estas consideraciones, la metodología para la cuantificación de los residuos, se resume en los siguientes pasos:

1. Seleccionar los puntos de muestreo.
2. Contar con los materiales y equipos que se mencionaron en el inciso (a).
3. Realizar una operación de limpieza.
4. Muestrear los residuos peligrosos, aplicando la técnica de muestreo al azar sistemático.
5. Concentrar las muestras y realizar el pesaje.
6. Registrar las cantidades en los formatos correspondientes.

Cada uno de estos pasos se aplicó en la empresa seleccionada para realizar la cuantificación de los residuos. Esta aplicación se describe en la siguiente sección.

### 3.4. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA PROPUESTA

Para la aplicación de la metodología propuesta, entre otras actividades, se realizaron la selección del equipo y materiales que se emplearon y la determinación del período de muestreo, en las siguientes secciones se describen detalladamente.

#### 3.4.1. MATERIALES Y EQUIPO

Para la realización del estudio de generación se emplearon los siguientes materiales y equipos (ver Figura 9):

1. Balanza OHAUS, de 20 kg de capacidad y sensibilidad de 1g
2. Recipientes de polipropileno con capacidades de 19 y 4 litros
3. Flexómetro
4. Equipo de protección personal
  - Guantes de hule
  - Zapatos industriales
5. Dieciocho bolsas de polietileno de 80 por 60 cm y de calibre mínimo de 200
6. Papelería
  - Formatos de registro
  - Lápiz
7. Material para limpieza
  - 25 toallas industriales
  - Escoba



Figura 9. Materiales y equipos empleados durante el estudio

Las capacidades de los recipientes se seleccionaron tomando en cuenta los reportes semestrales y las bitácoras de entradas y salidas de residuos peligrosos, correspondientes al 2003, de la empresa seleccionada para el estudio. La capacidad de la balanza que se empleó, se encuentra entre las capacidades de las que se mencionan en la NOM-AA-61-1985 (sección 3.3.) debido principalmente a que no se tuvo disponible una balanza de capacidad mayor. Además, al considerar los registros de la empresa y la cantidad de residuos que pueden contenerse en las cubetas de 19 y 4 L, se consideró que una balanza de 20 kg sería suficiente.

Por lo que se refiere a las bolsas, para este estudio se buscó que éstas cumplieran con el calibre que establece la norma, para evitar derrame de residuos. Estas bolsas se emplearon principalmente para cuantificar las toallas drenadas. Por esta razón, se buscó que fueran de mayor capacidad, para que pudieran contener 600 toallas. Al empaquetar las toallas de esta forma, ya no fue necesario re-ensavarlas para enviarse al servicio de lavado. En la elección de las capacidades de los recipientes también se tomó en cuenta que fueran de fácil manejo, tanto para los operadores como para el personal encargado de pesar los residuos.

### 3.4.2. PERÍODO DE MUESTREO

El estudio de generación se realizó en tres etapas, con una duración de cinco días cada una, en un horario de las 8:00 a las 18:00 horas. La primera etapa se llevó a cabo del 9 al 13 de junio de 2003, la segunda del 27 al 31 de octubre de 2003 y la tercera etapa del 9 al 13 de febrero de 2004. La selección de los períodos en que se realizaron los muestreos se basó principalmente en la información proporcionada por los representantes de la empresa, en cuanto a los períodos del año en que varía la carga de trabajo, con la previa autorización del representante. Esto permitió que las actividades se desarrollaran sin interferir en las actividades de la empresa. De acuerdo con los registros proporcionados por la misma, la etapa 2 fue la de mayor producción, siguiendo la etapa 1 y, por último, la etapa 3.

### 3.4.3. MUESTREO

Para la cuantificación de los RP se seleccionaron como puntos de muestreo cada una de las impresoras y el área de procesamiento de imágenes. Como se mencionó en la sección 3.3, se aplicó la técnica de muestreo al azar sistemático. La primera muestra se escogió al azar entre la población; se buscó, en la medida de lo posible, coleccionar el resto de las muestras a intervalos de tiempo fijos. Sin embargo, éstos variaron debido a la fluctuación en la generación de los residuos, conforme a la operación de las impresoras.

Para cuantificar los residuos generados durante la jornada laboral en la empresa en estudio, se realizaron las siguientes actividades:

1. Previo al estudio se realizó una reunión con el responsable del área de calidad para informar las actividades a realizar, quien se encargó de informar a los operadores de las impresoras de la realización del estudio y su participación dentro del mismo. En este caso, los operadores debían llevar los residuos generados al sitio de muestreo. También se les pidió que envasaran y recolectaran los residuos como siempre lo realizan.
2. El primer día de cada etapa se eliminaron los residuos acumulados en los contenedores del área de proceso y del almacén temporal de residuos

peligrosos. Esta actividad de limpieza se adaptó de la norma NOM-AA-61-1985, sobre la generación de residuos sólidos.

3. Se determinaron las dimensiones de los recipientes, “tambos” y cubetas empleados para contener los residuos peligrosos utilizando un flexómetro. Esto se hizo con la finalidad de poder estimar el volumen de los residuos peligrosos líquidos.
4. Los residuos generados en cada punto de muestreo se concentraron en el área de almacenamiento temporal de residuos peligrosos y ahí mismo se cuantificaron. Esto se hizo para: a) facilitar las actividades de pesaje; b) almacenar los residuos cuantificados; c) evitar tanto la recolección de los recipientes de cada área, así como cualquier desviación en el manejo acostumbrado de los residuos, en cuanto a separación, envasado y almacenamiento en las áreas de trabajo.
5. Antes de iniciar la jornada diaria, se calibró la balanza.
6. Se tomaron los pesos de las cubetas y bolsas de plástico vacíos que posteriormente se utilizaron para contener y pesar los residuos generados. Los recipientes y bolsas se emplearon para contener a un residuo distinto. Sin embargo, como casi todos los residuos generados en el área de proceso son depositados en la misma cubeta, dadas sus características físicas, en su mayoría fue imposible separarlos para su cuantificación individual.
7. La primera muestra de residuos se tomó al azar, con respecto a la impresora de la que provenían. En principio, se trató de coleccionar el resto de las muestras a intervalos de tiempo fijos; sin embargo, el intervalo de tiempo varió debido a la fluctuación en la generación de los residuos, conforme a la operación de las impresoras y a la necesidad de vaciar las cubetas en el área de proceso para depositar más residuos.
8. En el almacén temporal se pesaron los residuos sólidos y se estimó el volumen de los que se encontraban en estado líquido, registrando los datos en el formato correspondiente (Anexo A). Los residuos se dividieron para su

pesaje de la siguiente forma: envases vacíos de solventes y tintas; tintas residuales; solventes y toallas sucias.

9. No se variaron las condiciones de manejo de los residuos peligrosos.
10. Las toallas industriales impregnadas con solvente y tintas se pesaron antes y después de drenarse.

Con los resultados obtenidos se determinaron tasas de generación por unidad de tiempo y por tonelada de papel consumido. Por último, se plantearon las propuestas y recomendaciones para el manejo integral de los residuos peligrosos en la empresa seleccionada, con base en lo que se reporta en la bibliografía técnica especializada y en la cantidad de residuos producidos.

## CAPÍTULO 4. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA DE ARTES GRÁFICAS EN ESTUDIO

### 4.1. DATOS GENERALES DE LA EMPRESA BAJO ESTUDIO

El presente trabajo se realizó en una empresa de artes gráficas en la Ciudad de México, con la finalidad de obtener datos de generación de los residuos peligrosos característicos de este giro. En general, los residuos peligrosos que se generan por esta industria son los mismos, con algunas variantes (ver Figuras 4 a 7); cuyas cantidades y tipos dependen del tipo de proceso empleado y del tamaño de la empresa. Por lo anterior, para realizar la cuantificación de los residuos peligrosos para la industria de artes gráficas se seleccionó una empresa, bajo los criterios que se mencionaron en la sección 3.2.

La empresa seleccionada para el estudio es una empresa mediana (cuenta con 130 empleados), de acuerdo a la estratificación del SIEM (ver Tabla 6), de acuerdo al Diario Oficial de la Federación (DOF) del día 30 de diciembre de 2002. Está ubicada en la Colonia Iztacalco, en el Distrito Federal (ver Figura 10). Esta empresa emplea el proceso de "offset" para la impresión de revistas, folletos, carteles y libros. Realizan trabajos principalmente para editoriales como Editora Cinco, Editorial Televisa, la SEP e impresión de propaganda electoral.

Tabla 6. Criterios de clasificación de las pequeñas y medianas empresas (PYME), por número de empleados (SIEM, 2003)

<b>TAMAÑO \ SECTOR</b>	<b>INDUSTRIA (empleados)</b>	<b>COMERCIO (empleados)</b>	<b>SERVICIOS (empleados)</b>
MICROEMPRESA	0-10	0-10	0-10
PEQUEÑA EMPRESA	11-50	11-30	11-50
MEDIANA EMPRESA	51-250	31-100	51-100
GRAN EMPRESA	251 EN ADELANTE	101 EN ADELANTE	101 EN ADELANTE

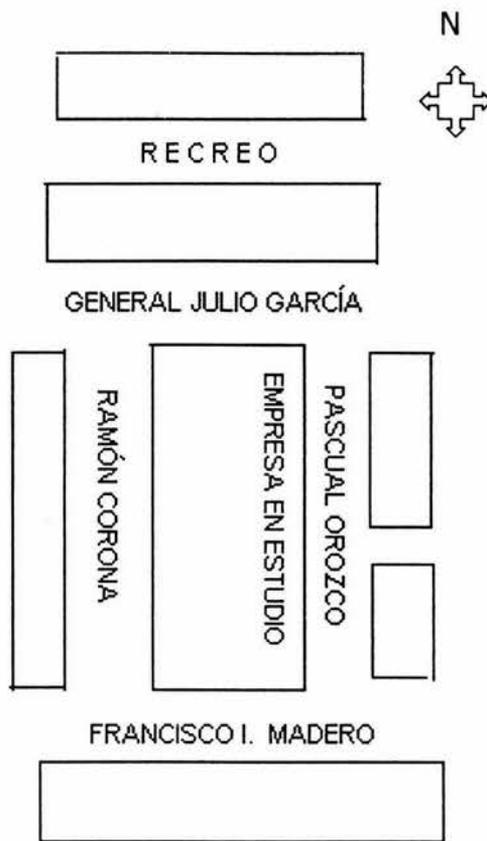
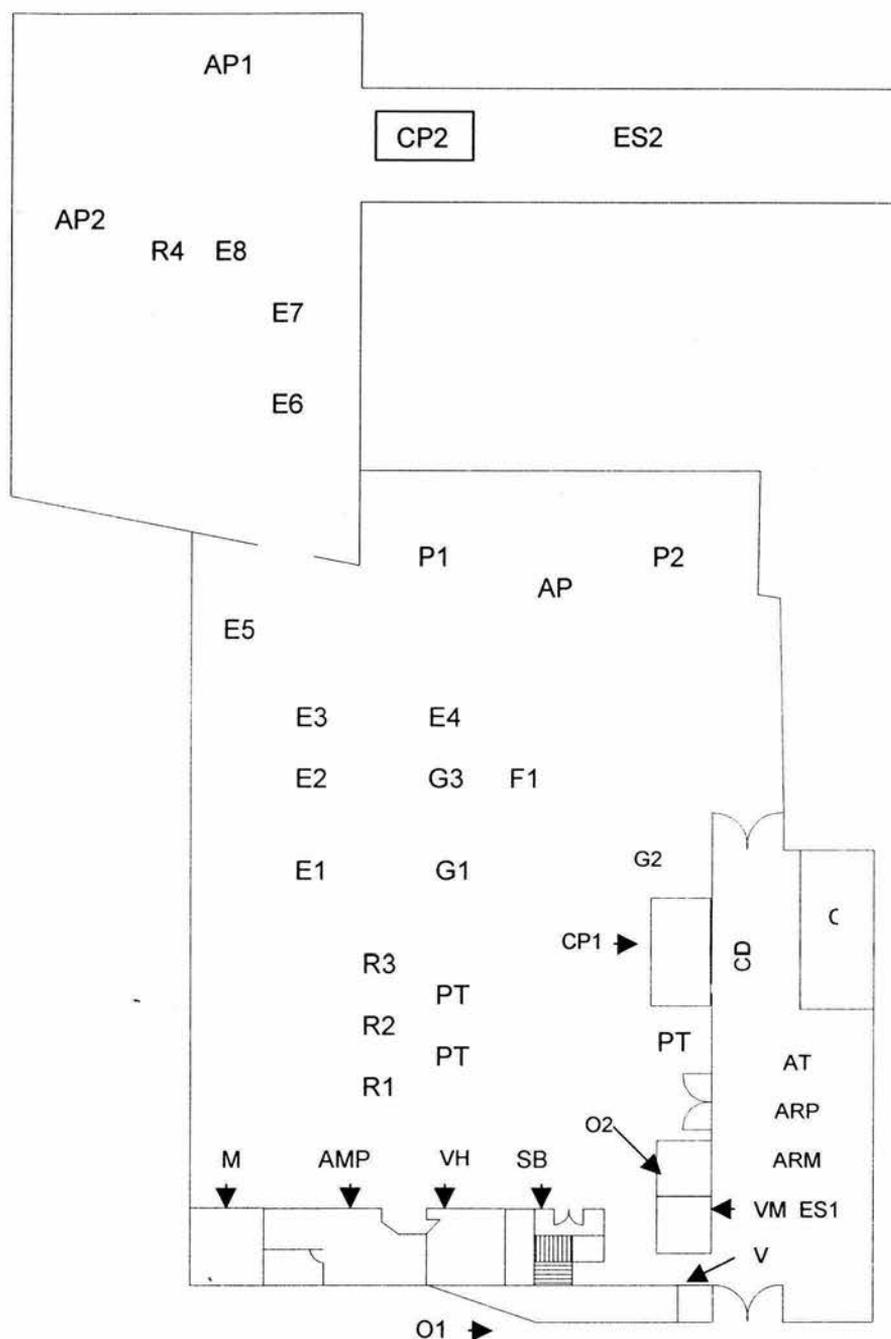


Figura 10. Localización de la empresa en estudio

Producen, en promedio, 32,600,000 revistas, 3,850,400 libros y 725,760 folletos al año. Cuentan con 4 impresoras rotativas y dos impresoras planas (ver Figura 11) y 6 encuadernadoras. En la Figura 10A se muestra la configuración general de la empresa en estudio.

En las impresoras rotativas, la impresión se efectúa en papel que pasa continuamente por los rodillos, desde una bobina localizada en la entrada de la máquina. Al final de la impresión, la máquina corta el papel en pliegos que constan de 16 hojas. En el caso de las impresoras planas el papel se alimenta en pliegos (Terence, 1981).



**SIMBOLOGÍA:**

AMP	Almacén de materia prima	ES2	Estacionamiento 2
AP	Almacén de producto	G1 a G4	Guillotinas 1 a 4
AP1	Almacén de papel 1	M	Mantenimiento
AP2	Almacén de papel 2	O1 y O2	Oficinas 1 y 2
ARP	Almacén de RP	P1 y P2	Impresoras planas Komori 1 y 2
ARM	Almacén de residuos municipales	PT	Almacén de producto terminado
AT	Almacén de tintas	R1 a R4	Impresoras rotativas 1 a 4
C	Compresores	SB	Subestación
CD	Área de carga y descarga	V	Vigilancia
CP1 y CP2	Colectores de polvos 1 y 2	VH	Vestidores hombres
E1 a E8	Encuadernadoras 1 a 8	VM	Vestidores mujeres
ES1	Estacionamiento 1		

Figura 10A. Configuración general de la empresa en estudio

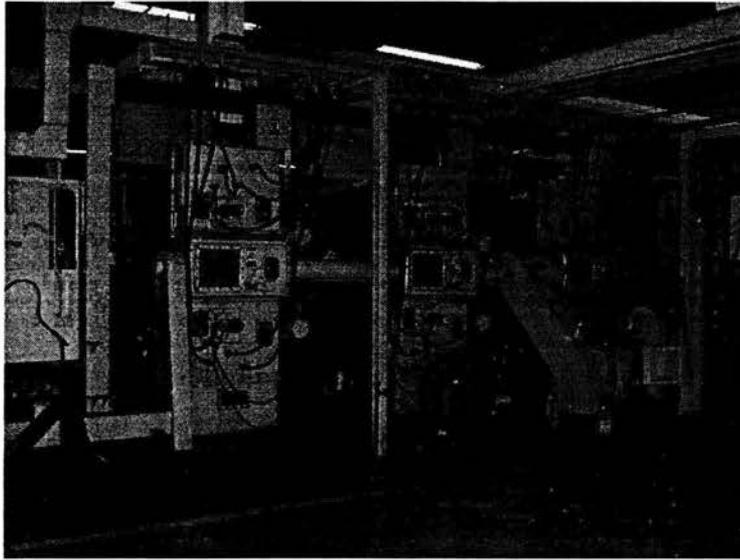


Figura 11. Impresora rotativa (fotografía de la empresa en estudio)

#### 4.2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO GENERADOR DE RESIDUOS PELIGROSOS

El proceso de impresión de revistas, de la empresa en estudio, consta de varias etapas, comenzando por la recepción de materias primas hasta el empacado del producto terminado. Cada una de ellas se describe a continuación:

- 1.- Primero se reciben en el almacén las materias primas como el papel, tintas, láminas fotosensibles, reveladores, goma arábica, aceites lubricantes, detergentes, alcohol y solventes de limpieza y se almacenan. También se reciben las pruebas a color y los positivos del material a imprimir (Ver Tabla 7).
- 2.- A las imágenes positivas (positivos) se les realizan pruebas heliográficas y se ajustan los 4 colores (cian, magenta, amarillo y negro). Posteriormente, se graba la imagen en la placa mediante "insoladoras". Una vez grabadas las placas, éstas se revelan. En esta etapa se generan residuos de reveladores gastados.
- 3.- Una vez que se han revelado las placas, éstas pasan a las rotativas y a las prensas planas para su impresión en el papel en bobina y en pliegos. Las impresoras cuentan con cuatro unidades de impresión, de acuerdo a los colores primarios. En esta etapa se generan compuestos orgánicos volátiles (evaporación de alcohol isopropílico).

Tabla 7. Materias primas (datos correspondientes al año 2002)

MATERIAS PRIMAS	CONSUMO ANUAL	
	2002	2003 <sup>1</sup>
PAPEL	11,330.127 ton	8,172.566 ton
TINTAS	198.808 ton	148.11 ton
SOLVENTES DE LIMPIEZA	12,432 L	17,990 L
LÁMINAS FOTOSENSIBLES	37,157 pzas	8,600 pzas
REVELADORES	5,250 L	1,472.8 L
GOMA ARÁBIGA	84 L	-
GOMA PARA ENCUADERNADO	23,626 kg	19,343.54 kg
GAS LP	216 m <sup>3</sup>	-
ACEITES LUBRICANTES	4800 L	4,335 L
DETERGENTES	7,500 L	7,000 L
ALCÓHOL ISOPROPÍLICO*	64,052 L	50,000 L

<sup>1</sup> Datos hasta octubre de 2003

\* La mayor parte del alcohol isopropílico se evapora durante el proceso

Posterior a las unidades de impresión, los pliegos pasan al horno de secado, en donde nuevamente se tiene evaporación de alcohol isopropílico y solución para la fuente. Los vapores generados en los hornos se conducen por ductos hacia oxidadores térmicos que queman los compuestos orgánicos volátiles presentes, antes de que las emisiones se descarguen a la atmósfera, como CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O, teóricamente.

4.- En las prensas planas se imprimen las portadas de las revistas, mientras que en las rotativas se imprimen las hojas centrales de las mismas, obteniéndose pliegos de 16 hojas cada uno. En esta etapa se generan solventes de limpieza y toallas sucias.

5.- Las portadas y los pliegos pasan a las encuadernadoras de grapas y de goma, donde se realizan los cortes necesarios con guillotinas, para obtener el tamaño

específico y se conforma la revista.

6.- Una vez impresas las revistas, éstas pasan a la máquina flejadora.

7.- El producto terminado se almacena antes de realizar su entrega a las editoriales, quienes se encargan de su distribución, en los distintos centros de comercialización.

Cada una de las etapas anteriormente descritas, se representan en el Diagrama 3.

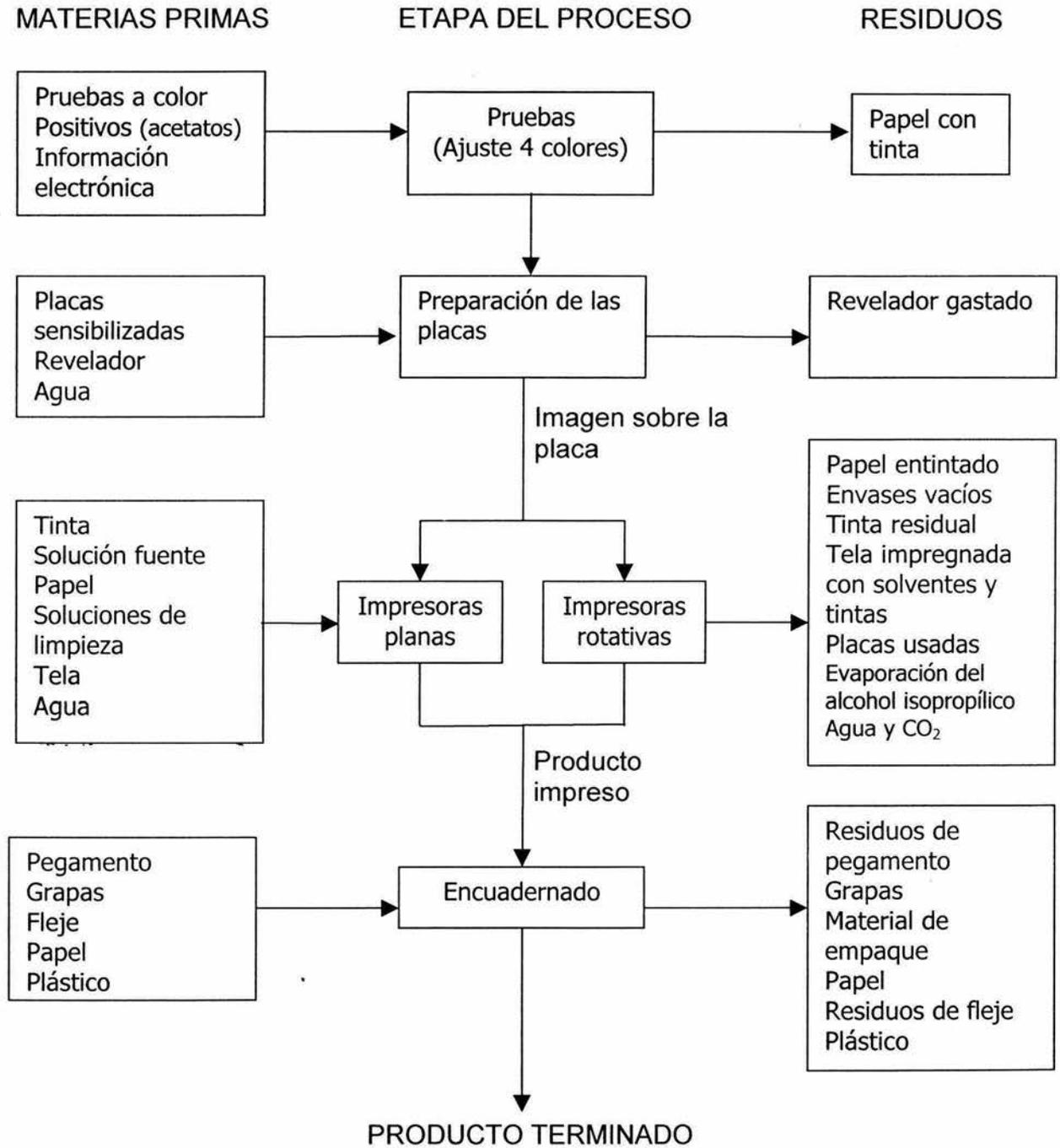


Diagrama 3. Diagrama de flujo para la fabricación de revistas en la empresa en estudio

## CAPÍTULO 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este capítulo se presentan los resultados de las visitas preliminares y de cada una de las etapas del muestreo, así como la generación media de residuos y las tasas de generación correspondientes a cada etapa del estudio, haciendo una comparación con los datos históricos de la empresa. El muestreo se realizó en tres periodos distintos, ya que la producción varía a lo largo del año.

### 5.1. VISITAS PRELIMINARES

En primer lugar se realizaron visitas a 4 empresas de artes gráficas, en donde se identificó que este tipo de industria genera residuos peligrosos como son; soluciones de revelado, fijado y lavado, tintas residuales, solventes de limpieza, toallas industriales impregnadas con aceites gastados, tintas y solventes de limpieza, aceites gastados y envases con remanentes de tintas y solventes de limpieza.

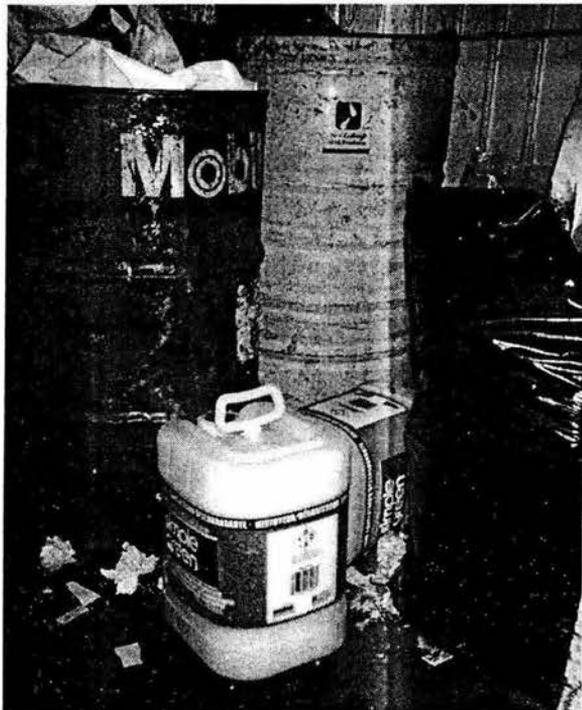
Se observó que en 3 de las empresas visitadas no se cumple con las disposiciones establecidas en la legislación mexicana. No se cuenta con una área específica para el almacenamiento de los residuos peligrosos que generan. Se mezclan los residuos peligrosos con los residuos sólidos municipales. Los residuos de solventes se vierten en el drenaje y las tintas residuales se envían a disposición final al relleno sanitario.

La información recopilada durante las visitas preliminares a la empresa en estudio, fue valiosa para el establecimiento de la estrategia de muestreo. Se observó que cuentan con un área de almacenamiento temporal para los residuos peligrosos y otra para los residuos industriales no peligrosos que se generan, como se muestra en la Figura 11. Por lo que se refiere a esta área de almacenamiento, sin embargo, la fosa para captación de derrames de líquidos no cuenta con la capacidad mínima para contener una quinta parte de los residuos generados. De aquí se concluye que cumplen parcialmente con lo que establece la LGEEPA.

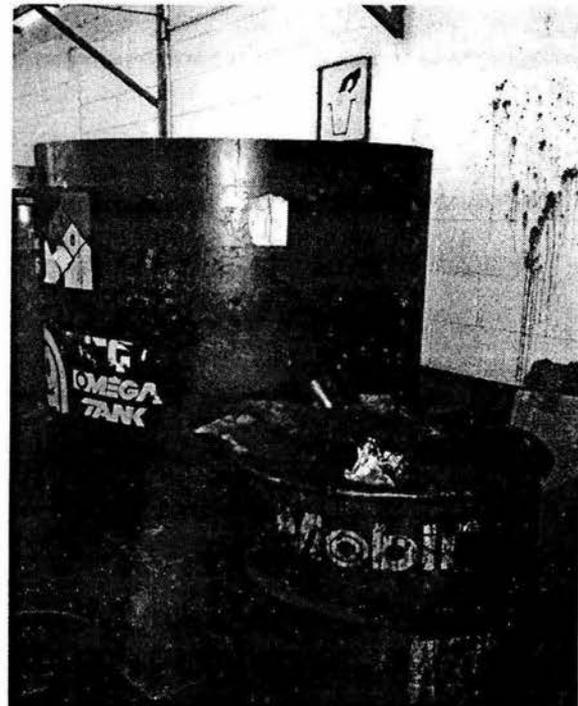
El almacén de residuos peligrosos cuenta con un tanque de 1200 litros, donde depositan los residuos líquidos. También cuentan con 2 “tambos” de 200 litros con tapa, adquiridos de “segunda mano”, en donde se depositan las toallas industriales usadas. Estos “tambos” tienen una malla colocada a 31 cm del fondo, lo que permite

recuperar por escurrimiento parte de los solventes de limpieza absorbidos por las toallas industriales. En el Diagrama 3 se esquematiza la ubicación de los contenedores para los residuos que se generan en el área de proceso. De estos datos se concluyó que era adecuado concentrar los residuos en el almacén temporal y realizar el pesaje de los mismos. Los “tambos” de 200 litros permitieron que se realizara el drene de las toallas industriales sucias y considerar de esta manera por separado a los residuos líquidos.

El tanque de 1200 litros cuenta con un rombo de identificación de riesgos a la salud, de inflamabilidad y reactividad, como puede observarse en la Figura 12. Los “tambos” en donde se depositan las toallas no cuentan con este tipo de pictogramas. Los residuos industriales no peligrosos se depositan en un área separada de los RP, sin embargo en ésta se depositan también los envases con remanentes de solventes, reveladores y tintas. Como puede observarse en la Figura 12, esta área se encuentra sucia y desordenada.



**ALMACÉN DE RESIDUOS INDUSTRIALES NO PELIGROSOS**



**ALMACÉN DE RESIDUOS PELIGROSOS**

Figura 12. Almacenamiento de residuos (ver Figura 10A y Diagrama 5)

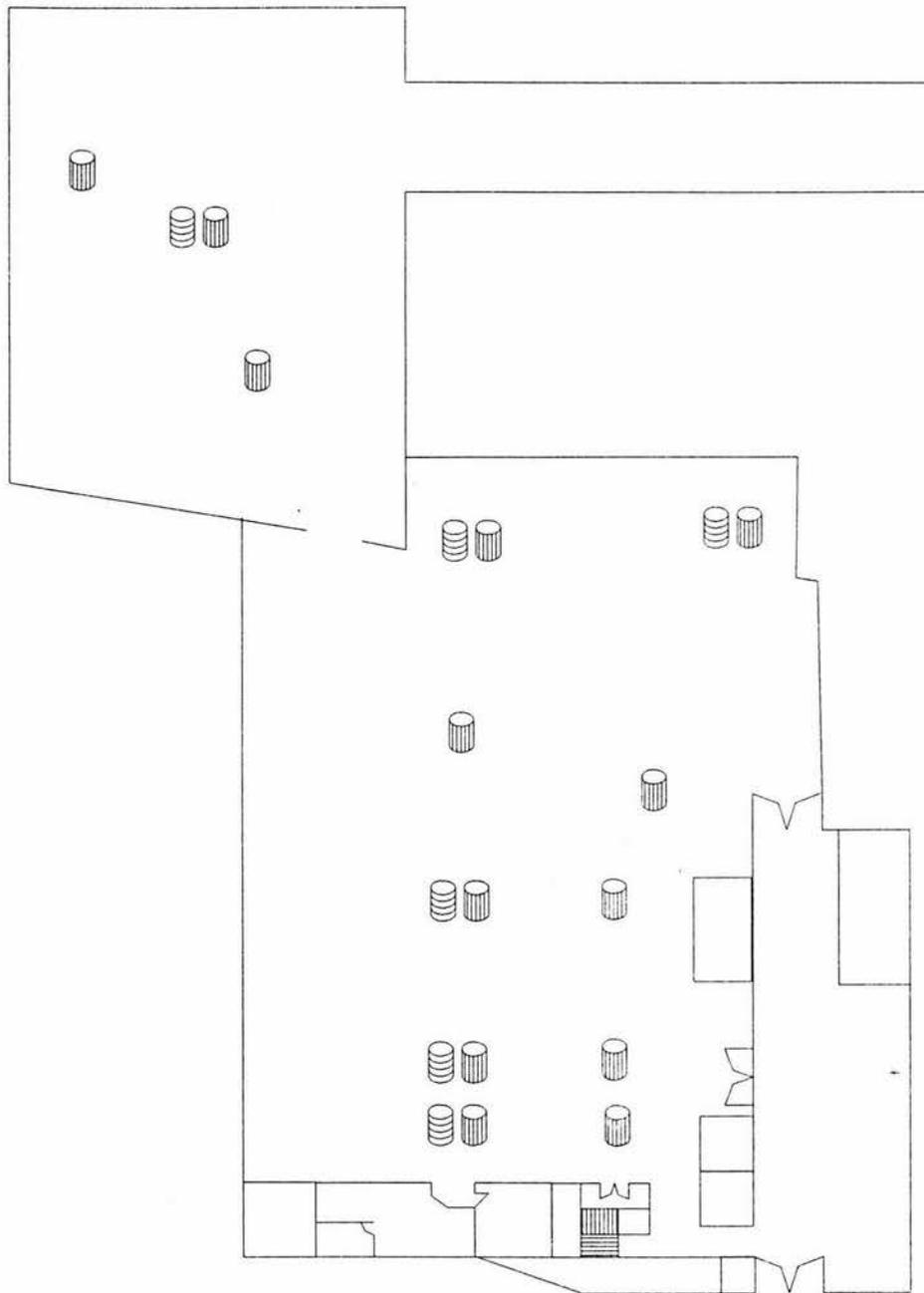
Figura 12. Almacenamiento de residuos (ver Figura 10A y Diagrama 5)

Las toallas se mandan a lavar a la empresa Lavatoallín, quien intercambia las piezas sucias por un número igual de piezas limpias en cada visita a la planta (generalmente martes y jueves). Las toallas drenadas se depositan en bolsas de polietileno, para facilitar su manejo, cuando se llevan a lavar. En ocasiones las toallas no se vacían con regularidad, por lo que su drenado no se lleva a cabo totalmente, lo que provoca que al depositarse en las bolsas, éstas todavía contengan cantidades considerables de líquidos. Estos líquidos se escurren en el piso del almacén temporal, lo que puede ocasionar caídas al personal que vierte los residuos en el tanque y en los “tambos”.

Conforme las toallas se van deteriorando, la empresa Lavatoallín se encarga de reemplazarlas por otras nuevas. Se observó que todos los residuos se mezclan en el área de proceso, es decir, cada impresora cuenta con cubetas de 19 litros para depositar los solventes, residuos de tintas y las toallas sucias (ver Diagrama 4).

En estas cubetas también depositan residuos municipales como envolturas de alimentos, otras fibras que emplean para limpieza, papel, plástico y residuos de alimentos entre otros. Estos residuos se separan de las toallas antes de enviarlas a lavar y se desechan junto con los residuos industriales no peligrosos o municipales. Cabe señalar que al mezclar los residuos no peligrosos con los solventes y las tintas, quedan impregnados de ellos y aún así se desechan con el resto de los residuos no peligrosos.

Tomando en cuenta que no separan sus residuos en el área de proceso, y que los residuos no peligrosos que se mezclan con los peligrosos, reciben un manejo posterior igual que si no hubieran sido mezclados, no están cumpliendo correctamente con lo que establece la LGEEPA. Por otro lado, la ingestión de alimentos en el área de proceso indica que los empleados probablemente lo hagan con las manos impregnadas de tintas, además, de la presencia de COV en el ambiente laboral, lo que puede ocasionarles problemas de salud.



SIMBOLOGÍA:



CONTENEDORES PARA RSM



CONTENEDORES PARA RP

Diagrama 4. Ubicación general de los contenedores para los residuos de proceso

Los residuos industriales no peligrosos se recolectan por un vehículo de carga trasera de la Delegación Iztacalco. Por otro lado, se observó que los residuos de tintas, que en su mayoría son inflamables, se desechan junto con los residuos no peligrosos. Lo mismo ocurre con los envases vacíos de tintas y solventes, en cuyo caso la NOM-052-ECOL-1993, establece que los envases y tambos vacíos usados en el manejo de materiales y residuos peligrosos, deben considerarse también como residuos peligrosos. Es evidente, que este tipo de residuos no se está manejando adecuadamente. La solución fuente que contiene principalmente alcohol isopropílico, se evapora durante el proceso en las unidades de impresión y durante el secado de los pliegos impresos.

Los residuos peligrosos líquidos son recolectados por la empresa Administración de Residuos Industriales S. A. de C. V., y son enviados a tratamiento. Las láminas fotosensibles usadas se envían a fundición para su reincorporación a la producción de aluminio, por medio de una comercializadora (aproximadamente 500 a 600 kg/semana).

Se estima que, por cada tiraje, se desperdicia aproximadamente el 1.8% del papel empleado. El desperdicio de papel se recolecta mediante carritos en las áreas de impresión y mediante un extractor de polvos y viruta de papel, al que se encuentran conectadas las encuadernadoras. Estos residuos se generan durante el corte de las revistas, generándose alrededor de 5 ton/día. Estos residuos de papel se prensan, formando pacas para facilitar su transporte hacia las comercializadoras, en donde se tritura para su entrega a las empresas productoras de papel. Los residuos generados durante el proceso y las actividades administrativas de la empresa se muestran en la Tabla 8.

## 5.2. GENERACIÓN DE RESIDUOS PELIGROSOS

En el estudio se tomaron 114 muestras en total, a lo largo de tres semanas, obteniéndose en total 1442.811 kg de residuos peligrosos (ver Tablas 9 a 11).

Tabla 8. Residuos generados en la empresa en estudio

TIPO DE RESIDUO	
INDUSTRIALES NO PELIGROSOS	PELIGROSOS
Residuos de papel	Residuos de tintas
Residuos de papel entintado	Vapores de alcohol isopropílico
Agua residual proveniente de servicios	Solución fuente gastada
Placas usadas	Toallas sucias
Plásticos (material de empaque de papel)	Residuos de goma arábica y adhesivos
Vapor de agua y CO <sub>2</sub>	Aceites lubricantes gastados
Residuos de fleje	Envases vacíos de tintas y solventes
Cartón	Revelador gastado
Madera	"Tambos" vacíos de alcohol isopropílico
	Solventes de limpieza ("wash") y sustituto de disolvente químico ("tiner")
Papel de oficina	
Acetatos	
Tela	
Algodón y fibras para limpieza	
Residuos de alimentos	

Cabe señalar que la generación de los residuos varía de acuerdo a la producción y a las actividades de mantenimiento y limpieza de las impresoras. En este caso, de los resultados que se muestran en las Tablas 9 a 11, se observa que los días miércoles y jueves para las etapas 1 y 2 respectivamente, se generó una cantidad de solventes mucho mayor, en comparación con los otros días.

Tabla 9. Generación de residuos peligrosos en la empresa bajo estudio. Etapa 1

FECHA	DÍA DE LA SEMANA	CANTIDAD TOTAL (kg/d)	VOLUMEN TOTAL (solventes L)
09-Junio-03	Lunes	28.747	14.134
10-Junio-03	Martes	31.378	36.344
11-Junio-03	Miércoles	60.697	68.39
12-Junio-03	Jueves	34.829	11.93
13-Junio-03	Viernes	90.31	55.75
TOTAL, kg o L/semana		245.961	186.55

Tabla 10. Generación de residuos peligrosos en la empresa bajo estudio. Etapa 2

FECHA	DÍA DE LA SEMANA	CANTIDAD TOTAL POR TIPO DE RESIDUO			
		ENVASES VACÍOS(kg)	TOALLAS (kg)	SOLVENTES (kg)	TINTAS (kg)
27-Oct-03	Lunes	0.436	18.864	2.957 (2.977 L)	0
28-Oct-03	Martes	6.921	41.739	54.831 (63.866 L)	3.629
29-Oct-03	Miércoles	0.490	53.992	49.582 (58.066 L)	33.203
30-Oct-03	Jueves	7.353	10.427	335.4 (390 L)	0
31-Oct-03	Viernes	4.964	32.702	39.871 (46.369 L)	0
TOTAL, kg o L/semana		20.16	157.72	486.2 ( 558.3 L)	36.83

Tabla 11. Generación de residuos peligrosos en la empresa bajo estudio. Etapa 3

FECHA	DÍA DE LA SEMANA	CANTIDAD TOTAL POR TIPO DE RESIDUO			
		ENVASES VACÍOS(kg)	TOALLAS (kg)	SOLVENTES (kg)	TINTAS (kg)
9-Feb-04	Lunes	3.504	22.100	25.00 (30 L/107.5 L*)	4.091
10-Feb-04	Martes	7.335	19.588	140.77 (169 L)	8.431
11-Feb-04	Miércoles	4.576	38.169	20.40 (24.5 L)	18.02
12-Feb-04	Jueves	0.0	17.184	16.66 (20 L)	0
13-Feb-04	Viernes	5.792	18.92	109.12 (131 L)	16.278
TOTAL, kg o L/semana		21.21	115.96	311.95 ( 482 )	46.82

\* Esta cantidad corresponde a revelador gastado

Por lo que respecta a la etapa 3 del estudio, se observó que los días lunes y martes se generó la mayor cantidad de solventes. Estas cantidades se debieron principalmente a que en ambos días se realizaron actividades de mantenimiento y limpieza de las impresoras. Parte de esta limpieza se realizó antes de iniciar la impresión de las revistas, y en el caso de la impresora rotativa número 1, se observó que continuamente paraba la producción, debido a fallas técnicas. Durante estos períodos se realiza limpieza de los rodillos y también se desperdicia papel, debido a los ajustes que se tienen que realizar cada vez que se arranca la impresora.

Las actividades de limpieza y mantenimiento requieren cantidades mayores de solventes y soluciones de lavado que, en algunos casos, coincide con una generación mayor de toallas impregnadas con tinta, solventes y soluciones de limpieza.

Los solventes de limpieza que se desecharon el día martes de la tercera etapa correspondían a la impresora rotativa número 3 (ver Tabla 11). Se observó que la fosa de captación de líquidos para ésta, además de recibir parte del aceite y algunos solventes de lavado, también se descargaba en ella el agua generada por un compresor. Es evidente que esta descarga aumenta considerablemente el volumen de solventes y aceite gastado, que posteriormente se depositan en el tanque para líquidos del almacén temporal, para enviarse a tratamiento.

Es importante señalar que el día viernes 13 de febrero (correspondiente a la tercera etapa), la cantidad de residuos líquidos desechados (solvente y aceite mezclados con agua), correspondieron a la impresora rotativa número 1. Al igual que la impresora 3, estos residuos provenían de la fosa de captación. Se observó que junto a la impresora 1, cuentan con una toma de agua que emplean para la preparación de la solución para la fuente. La llave de la toma se encontró abierta y al llenarse el recipiente receptor, el agua comenzó a derramarse, la cual fue captada por dicha fosa.

Estos son dos ejemplos de negligencia por parte de los empleados, que constituyen una contribución innecesaria a la generación de residuos que, finalmente, son depositados en un contenedor en el almacén temporal de RP y que, posteriormente, se envían a tratamiento. Esto repercute directamente en el tiempo de llenado de dicho contenedor y también en los costos por manejo de estos residuos.

En las etapas 2 y 3, se generó cerca del 50% del volumen de residuos líquidos que puede contener el tanque del almacén de RP, por lo que se deduce que el tanque se llena totalmente antes de un mes. Revisando los manifiestos de entrega, transporte y recepción de residuos peligrosos para el 2003, se observa que el tiempo mínimo entre una recolección y otra ocurre en un mes, mientras que el máximo tiempo es de dos meses.

Durante la etapa 1 del muestreo no pudieron cuantificarse por separado los residuos de tinta, ya que en su mayoría ésta se desechó con las toallas sucias y tampoco se desecharon envases con remanentes de tintas. Es por esta razón que en la Tabla 9 sólo se presentan datos de los solventes y las toallas sucias. Ya en las etapas 2 y 3

fue posible segregar la mayor parte de estos residuos para su cuantificación por separado. En la etapa 2 se cuantificó una mayor cantidad de tintas residuales y envases con sus remanentes.

Cabe señalar que muchos de los residuos de tinta, presentaban evidencia de haber pasado un tiempo considerable en el área de proceso sin tapar, permitiendo que la tinta se secase y que contuviera polvo y en algunos casos otros residuos (por ejemplo tapas de latas de tinta más pequeñas y papel, entre otros). En otros casos se observó que se trataba de tintas especiales, que se encontraban almacenadas por largos períodos de tiempo y que al no tener uso alguno en ese momento ni en un futuro, se decidió desecharlas. Estos residuos de tinta se depositaron siempre en el almacén de residuos industriales no peligrosos.

La tinta residual que pudo medirse en las etapas 2 y 3 (ver Tablas 10 y 11) no representa la cantidad total generada, ya que una parte de ésta se encontró mezclada con los solventes de limpieza y las toallas industriales. En muchos casos, la cantidad de tinta mezclada con estos residuos fue mucho mayor a la que puede absorberse y quedarse adherida a las toallas.

Con la información recopilada durante las etapas del estudio de generación, se determinaron las tasas de generación de los residuos (ver Tablas 12 y 13). Para determinar las tasas de generación se emplearon datos de consumo de papel, correspondientes a los meses en que se realizaron los estudios, mientras que para determinar la generación media se calculó el promedio de la generación por día.

La generación media de residuos peligrosos sólidos no varía considerablemente en las etapas 1 y 2, como se puede observar en la Tabla 12. La generación media de la etapa 3 varía en un 14.3% con respecto a la generación media de la etapa 2 y en un 25.1% con respecto a la primera. En este caso es interesante mencionar que la segunda etapa del muestreo corresponde a una mayor producción, y la tercera etapa se realizó en el período con una menor producción con respecto a las anteriores. La tasa de generación menor, corresponde a la etapa con una menor producción.

Tabla 12. Generación media de residuos peligrosos

RESIDUO	ETAPA	CANTIDAD
SÓLIDOS	1	49.19 kg/d
	2	42.94 kg/d
	3	36.8 kg/d
SOLVENTES	1	37.30 L/d
	2	96.52 L/d
	3	96.4 L/d

Por lo que se refiere a los residuos de solventes, prácticamente la generación media de las etapas 2 y 3 es igual, mientras que la generación media de la etapa 1 varía en un 61.34% con respecto a ellas. Esto se debe principalmente a las contribuciones fortuitas de agua a este efluente, que se mencionaron anteriormente.

Las tasas de generación de residuos muestran variaciones menores, ya que se está considerando como base la cantidad de papel consumido.

Tabla 13. Tasas de generación de residuos peligrosos

RESIDUO	ETAPA	CANTIDAD
SÓLIDOS	1	1.82 kg/ton de papel consumido
	2	1.59 kg/ton de papel consumido
	3	1.36 kg/ton de papel consumido
SOLVENTES	1	1.38 L/ton de papel consumido
	2	3.57 L/ton de papel consumido
	3	3.57 L/ton de papel consumido

Se realizó un balance para cada uno de los materiales con la información proporcionada por la empresa y con los resultados del estudio, resumiendo estos resultados y representando en forma general el proceso de impresión, se tiene la Figura 13.

Base de cálculo: Un año

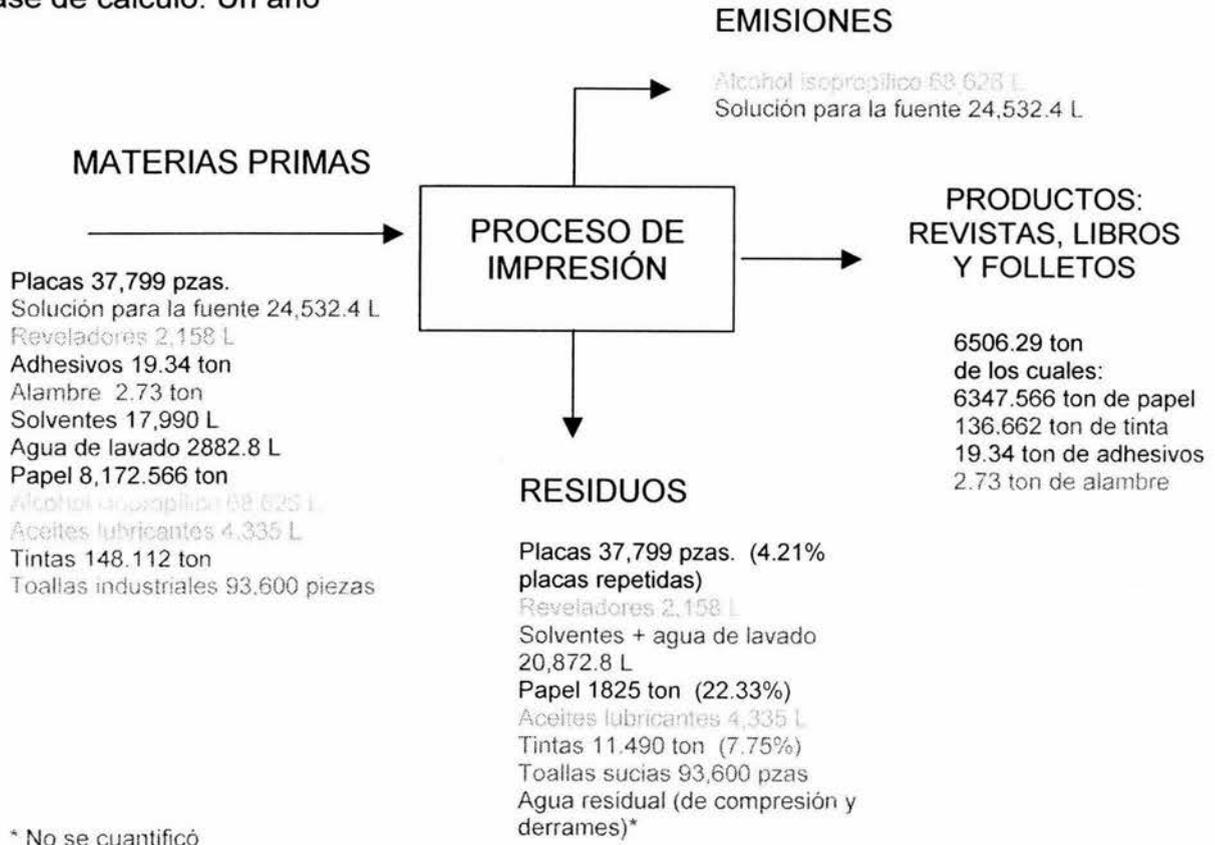


Figura 13. Balance de materiales del proceso de fabricación de revistas en la empresa en estudio

Dado que los residuos se encontraron mezclados en los contenedores empleados para envasarlos en las áreas de proceso, fue difícil medir por separado cada uno de ellos, por lo que al realizar un balance global de las materias primas y de los residuos peligrosos generados, se obtiene que se generan 14,372.28 kg de residuos peligrosos al año (envases vacíos de solventes y tintas, toallas sucias y tintas) y 20,872.8 L de solventes al año. Del balance también se obtiene que se desperdicia el 22.33% del total del papel que ingresa al proceso. Para las placas usadas, el 4.21% de ellas se tienen que desechar antes de empezar o terminar el proceso por defectos en el material o errores al transferir la imagen. En el caso de las toallas sucias, el dato proporcionado por la empresa no coincidió con la cuantificación que se realizó. De hecho, la cantidad reportada por la empresa es mucho menor a lo que se emplea realmente.

Con los resultados anteriores se encontró que se generan **2.208** kilogramos de residuos peligrosos por cada tonelada de producto.

Comparando la información recopilada durante las visitas preliminares, los datos proporcionados por la empresa y las cantidades obtenidas del estudio y del balance, se puede señalar lo siguiente:

La generación de residuos peligrosos se ve incrementada por la adición de agua, ya sea por las actividades de lavado o por derrames inducidos por descuidos de los operadores. Esto provoca la saturación del sistema de almacenamiento de residuos, propiciando en ocasiones el vertimiento de los residuos líquidos en el drenaje y reducen el tiempo entre cada recolección, elevando los costos por transporte y tratamiento de éstos. Este punto debió considerarse en el balance de materia de la Figura 13, pero como el volumen de agua vertida por los grifos (por descuido de los trabajadores) no se pudo cuantificar en ninguna de las tres visitas técnicas realizadas, no se consideró.

Los residuos que se generan no se separan de origen, lo cual desfavorece un manejo correcto y disminuye el valor de los residuos que pueden reutilizarse o reciclarse, como ocurre con las tintas y los residuos de solventes de limpieza y aceite, ya que para la formulación de combustibles y su incineración, es importante el poder calorífico de estos residuos, el cual variará conforme su composición.

Cabe señalar que tampoco se lleva un registro fidedigno de la cantidad de RP que generan ni de los movimientos que realizan con ellos, no obstante que sí cuentan con la bitácora correspondiente para tal efecto. En ella sólo se registran los residuos de solventes y aceites que se envían a tratamiento; es decir, los datos de los manifiestos emitidos por la empresa transportista son los que se registran en la bitácora, pero no todo lo que realmente se genera.

La metodología propuesta se aplicó con algunas dificultades en el estudio, ya que en la mayoría de las muestras fue necesario separar los residuos para cuantificarlos. Aunque se estableció un intervalo de una hora entre la toma de muestras, esto no se cumplió en un 100%, debido tanto a la carga de trabajo como a situaciones técnicas

y operativas, tales como fallas en las impresoras y realización de pruebas, lo que influyó directamente en las cantidades y tiempos de generación de los residuos. A pesar de esto se logró cuantificar los residuos identificados en la empresa en estudio (solventes, tintas, envases vacíos de tintas y solventes, reveladores gastados y toallas sucias).

El equipo y los recipientes seleccionados fueron los adecuados, ya que en ningún momento tuvieron que dividirse las muestras para su pesaje ni tampoco ocurrieron derrames de residuos.

Desafortunadamente, no pudieron separarse más productos, debido a las mezclas encontradas y a la naturaleza de éstas. Una de las razones para no variar las condiciones de manejo de los residuos, fue el que las muestras obtenidas representaran fielmente el manejo de los mismos, ya que uno de los principales problemas dentro de un área laboral es la segregación de los residuos que se generan, ya sea por falta de capacitación del personal, porque no se cuenta con la infraestructura necesaria o porque los operadores consideran que, bajo la presión, en cuanto a cumplir con la producción requerida, “no pueden distraer su atención en aspectos como los relacionados con los desechos” (sic).

Es importante mencionar que la ingestión de alimentos en el área de proceso puede tener consecuencias adversas para la salud, ya que en el área de trabajo se encuentran presentes vapores de los solventes, tintas y adhesivos. Estos vapores pueden ocasionar dolores de cabeza, irritación de garganta y nariz, náusea y vómito. Al consumir alimentos en el área de proceso, puede favorecer la absorción digestiva de estos vapores.

### 5.3. PROPUESTA DE NORMATIVIDAD PARA LA CUANTIFICACIÓN DE RESIDUOS PELIGROSOS

Como se mencionó anteriormente, no existen técnicas ni normatividad específica para la cuantificación de residuos peligrosos, como puede observarse en la Tabla 14. Debido a la importancia de manejar adecuadamente estos residuos dentro de la industria y a la necesidad de establecer sistemas de manejo integral para ellos, se

propone en forma general, una norma para la realización de estudios de generación de residuos peligrosos. Esta propuesta se presenta como resultado de la metodología que se aplicó en el estudio de campo y los resultados obtenidos, tomando en cuenta la información recopilada durante la revisión bibliográfica y los datos de 8 visitas a empresas de artes gráficas (pequeñas y medianas). Se consideraron, además, las leyes y normas relativas al manejo de residuos peligrosos y la Ley Federal sobre Metrología y Normalización (LFMN, 1999). Esta ley establece un procedimiento uniforme para la elaboración de normas oficiales mexicanas, mismo que se describe brevemente en el Anexo B.

Tabla 14. Comparaciones entre la normatividad mexicana con la internacional en materia de residuos peligrosos

Temática	Legislación mexicana	US EPA	Unión Europea
	Comentarios		
Clasificación de residuos peligrosos, RP	Indica	Indica CFR 40	Indica Directiva 67/548/CEE
Muestreo representativo	Indica Caracterización de toxicidad	Indica	-
Identificación y manejo de RP	Indica	Indica	Indica
Cuantificación	No indica	No indica	No indica
Prevención, reutilización y reciclaje	Indica	Indica	Indica Directiva 75/442/CCE
Almacenamiento	Indica	Indica	Indica
Transporte	Indica	Indica	Indica
Tratamiento	Indica	-	Indica
Confinamiento	Indica	Indica	-

De acuerdo al procedimiento establecido en la ley sobre metrología y normalización, para la elaboración y propuesta de una norma para la cuantificación de los residuos

peligrosos se reunirían diferentes instituciones, que conozcan la problemática o el aspecto que se requiere normar; entre las Instituciones que podrían formar el grupo de trabajo para nuestra propuesta, se encuentran:

Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales

Secretaría de Salud

Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal

Cámara Nacional de Artes Gráficas

Instituto Politécnico Nacional

Universidad Nacional Autónoma de México

Universidad Autónoma Metropolitana

Conforme a lo anterior, se presenta en el Anexo B una propuesta de norma para la cuantificación de residuos peligrosos y los apartados que deben considerarse dentro de la misma.

## CAPÍTULO 6. OPCIONES DE MANEJO, REUTILIZACIÓN Y RECICLAJE DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS

Las opciones de manejo de los residuos peligrosos, se encuentran ordenadas de acuerdo a su efectividad en la reducción de los RP, dándole prioridad a aquellos métodos que reducen la generación de los residuos en la fuente, seguidos por los métodos que recuperan y reciclan los materiales, incorporándose a otros procesos. Posteriormente se prefieren las tecnologías para tratar y eliminar los residuos peligrosos y por último se busca aplicar el confinamiento de los residuos, sólo en el caso de que no puedan someterse a ninguna de las opciones anteriores. Lo anterior se esquematiza en la Figura 14.

R E S I D U O S	P E L I G R O S O S	OPCIONES DE MANEJO	MÉTODOS	
		REDUCCIÓN	REDUCCIÓN	REDUCCIÓN
			MINIMIZACIÓN	MINIMIZACIÓN
			RECICLAJE	RECICLAJE
REUTILIZACIÓN	REUTILIZACIÓN			
CONVERSIÓN DE RP A RESIDUOS MENOS PELIGROSOS O NO PELIGROSOS	TRATAMIENTO FÍSICO / QUÍMICO	TRATAMIENTO FÍSICO / QUÍMICO		
	TRATAMIENTO BIOLÓGICO	TRATAMIENTO BIOLÓGICO		
	TRATAMIENTO TÉRMICO	TRATAMIENTO TÉRMICO		
DISPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS NO PELIGROSOS O MENOS PELIGROSOS	RELLENO SANITARIO (residuos no peligrosos)	RELLENO SANITARIO (residuos no peligrosos)		
	CONFINAMIENTO CONTROLADO (Residuos peligrosos o menos peligrosos)	CONFINAMIENTO CONTROLADO (Residuos peligrosos o menos peligrosos)		

Figura 14. Opciones de manejo de residuos peligrosos (Adaptada de Freeman, 1989)

De acuerdo a lo anterior y como resultado de las experiencias adquiridas durante el estudio y de la información bibliográfica, se considera que deben tomarse en cuenta las siguientes opciones, que ayudarán a disminuir los impactos negativos tanto al ambiente como a la salud, debido al manejo incorrecto de los residuos peligrosos. Estas alternativas se presentan en la Tabla 15 y se describen en las secciones siguientes.

Tabla 15. Recomendaciones para el manejo integral de residuos peligrosos en la empresa en estudio

ALTERNATIVA	VENTAJAS	DESVENTAJAS	APLICA ACTUALMENTE
Uso eficiente de materias primas	Menor desperdicio Mejora en las condiciones de seguridad	Participación de los operadores	No
Empleo de tintas menos tóxicas	Base agua, libres de metales restringidos Reducción de emisiones de COV	Costos	Sí
Sustitución de solventes	Reducción de emisiones de COV Mejora en las condiciones de seguridad	Costos	Sí
Segregación de los residuos	Mayor aprovechamiento de los residuos Ingresos económicos adicionales Reducción de contaminantes en las descargas de aguas residuales Reducción de riesgos por manejo de RP	Participación de los operadores	No
Recolección separada de residuos	Mayor aprovechamiento de los residuos	Participación de los operadores	No
Reutilización de tinta residual	Mayor aprovechamiento de residuos Ingresos económicos adicionales Reducción de costos por manejo de residuos	Participación de los operadores Mercados potenciales	No
Reciclaje de placas de aluminio	Mayor aprovechamiento de residuos Ingresos económicos adicionales Reducción de costos por manejo de residuos	Participación de los operadores	Sí
Reciclaje de aceites gastados en cementeras	Reducción de consumo de combustibles fósiles, reduciendo costos	Baja calidad del combustible alternativo Generación de productos tóxicos	Sí
Regeneración de aceite gastado (aceite base)	Reciclaje del producto Reincorporación a la cadena productiva	Altos costos	No
Oxidación térmica	Presenta una forma fácil de eliminar los residuos	Costos Generación de residuos tóxicos	No
Recuperación de plata	Recuperación de plata Económico	Puede no ser redituable a pequeña escala	No
Aprovechamiento interno de las toallas	Reutilización del material dentro de la empresa Reducción de costos por adquisición de estos materiales	Generación de residuos tóxicos Costos por tratamiento de aguas residuales Costos de lavado de las toallas	Sí

Actualmente no existe una tecnología para estabilizar completamente todo tipo de residuos peligrosos, además se debe considerar la naturaleza física y química de la sustancia a procesar y los productos que se generarán como resultado del tratamiento.

Los métodos más empleados para la disposición son el confinamiento en sitios controlados y la incineración. Estos procesos son riesgosos, ya que existe la posibilidad de que ocurra contaminación de las aguas subterráneas, debido a fugas

de los lixiviados que pueden producirse en los sitios de disposición controlada. También se ha incrementado la eficiencia de combustión y la implementación de diferentes dispositivos que contribuyen a la disminución de las emisiones de gases y partículas a la atmósfera. Hoy día se han desarrollado conceptos que involucran un mejor uso de las materias primas, lo cual va enfocado a no desperdiciarlas y que se aprovechen casi en su totalidad. En este aspecto se contempla la modificación de los procesos de producción, de manera que generen menos residuos, que se empleen materias primas menos tóxicas que, a su vez, producirán residuos menos tóxicos.

En el caso bajo estudio se contemplaron alternativas (ver Tabla 15) que van desde el uso de las materias primas, de manera que se aprovechen mejor para que se genere una menor cantidad de residuos. También se consideró la segregación de los residuos y su recolección por separado. Este tipo de alternativas no requieren de una inversión; sin embargo, sí requieren de la participación de los operadores para que puedan llevarse a cabo exitosamente. Para esto, se requieren programas de capacitación y supervisión, esta última puede llevarse a cabo por cada uno de los responsables de las diferentes impresoras.

De hecho, para el aprovechamiento de los residuos que se pueden reciclar o reutilizar, ya sea dentro de la misma empresa o fuera de ella, se requiere de la participación activa de los operadores. Esto puede representar una desventaja, ya que se depende directamente de ellos. En las siguientes secciones se describen las alternativas propuestas.

## 6.1. USO EFICIENTE DE MATERIAS PRIMAS

El uso adecuado de las materias primas, conduce a un mejor aprovechamiento de éstas, reduciendo así los desperdicios de las mismas y, por consiguiente, la generación de residuos. El uso correcto de las materias primas que contienen materiales o sustancias peligrosas mejora las condiciones de seguridad e higiene laboral. Entre los aspectos que deben considerarse se encuentran la lectura de las etiquetas de los envases y el seguimiento de las indicaciones principales que ahí se indican. También debe contarse con las hojas de datos de seguridad de los mismos.

Esto permite que se evite la mezcla de materiales o sustancias incompatibles entre sí o con residuos sólidos municipales. Cabe señalar que las hojas de seguridad de los materiales deben encontrarse en español para facilitar su lectura y comprensión por parte de los operadores.

Por otro lado, es importante que en la medida de lo posible se consuman en su totalidad los productos, como la tinta, antes de desechar el envase y usar uno nuevo. En este caso puede evitarse que se seque o ensucie la tinta, manteniendo los envases bien cerrados después de cada consumo, hasta que se agote la materia prima que contiene. En algunos casos la tinta empleada es de colores “especiales”, que se utiliza en trabajos de impresión específicos, aquí por lo general no pueden evitarse los sobrantes. Una solución sería establecer convenios con los proveedores o los fabricantes para devolver el producto no utilizado y que pueda aprovecharse por otras empresas, evitando así que se convierta en un residuo.

Cabe señalar que si se tiene un menor número de fallas en las impresoras y una planeación adecuada de los trabajos que se van a realizar, se reduce considerablemente la cantidad de residuos tanto peligrosos como no peligrosos, como es el caso de solventes, tintas, toallas sucias, solución para la fuente y papel. El funcionamiento adecuado de las impresoras depende principalmente de la adecuada planeación del trabajo a realizar, del establecimiento de programas de mantenimiento preventivo, que puede ser mensual, y en algunos casos, de la sustitución de equipos muy viejos, que presentan fallas constantemente, por equipo más actual y más eficiente.

En general, se puede mencionar que el uso eficiente de materias primas es una alternativa de bajo costo, ya que no requiere inversión y puede implementarse a corto plazo. Esta alternativa requiere que se desarrollen mejores prácticas laborales y, por supuesto, la participación de los trabajadores.

## 6.2. PREVENCIÓN DE LA GENERACIÓN DE RESIDUOS

Se recomienda analizar detalladamente el tipo y composición de materias primas, para prevenir errores en la producción, como pueden ser los ocasionados por una

variación en la calidad de las materias primas, que afecten directamente la calidad de los productos y que ocasionen un mayor volumen en la generación de residuos.

Se recomienda el uso de envases retornables y reusables, para disminuir la generación de envases vacíos. Debe especificarse a los trabajadores que los envases con remanentes de tintas, principalmente, no deben lavarse dentro de las instalaciones de la empresa, reduciendo el uso de solventes y materiales de limpieza, así como la exposición de los trabajadores. Con esta medida se reducen también los costos por manejo de residuos.

## 6.2. EMPLEO DE SUSTITUTOS NO TÓXICOS O MENOS TÓXICOS

En este aspecto se recomienda el uso de materias primas menos tóxicas y, por lo tanto, menos perjudiciales para el ambiente. En el caso de las tintas de impresión, la empresa en estudio emplea tintas base agua, haciéndolas menos tóxicas. De acuerdo a la información contenida en las fichas técnicas de las tintas, presentadas por el proveedor, estos productos, además de ser base agua, se encuentran libres de metales restringidos ([www.sanchezink.com](http://www.sanchezink.com), 2003). En la bibliografía se encontraron recomendaciones generales sobre el uso de materias primas menos tóxicas para la reducción en la generación de residuos peligrosos (Freeman, 1989).

Entre algunas opciones que empiezan a considerarse se encuentran las tintas de soya (Soy ink, 1997). Se ha reportado que, en EEUUA, una cuarta parte de 50,000 imprentas están empleando tintas de soya, que ayudan a reducir los COV que se producen durante los procesos de impresión y que, al emitirse a la atmósfera, reaccionan con otros contaminantes formando un neblumo fotoquímico ("smog", por su acrónimo en inglés). El uso de estas tintas hace más amigable a la industria de artes gráficas con el ambiente. Para considerar el empleo de este tipo de tintas en la empresa en estudio, es necesario evaluar costos y si la tecnología que está operando actualmente no requiere modificación alguna y, en su caso si es necesario, evaluar los costos de la inversión por modificaciones en el equipo o el cambio total de ellos. Esta es una alternativa que debe considerarse a largo plazo y dependiendo de los costos se determinará si es factible de implementarse o no.

En algunas empresas de artes gráficas se continúan empleando solventes como el “tiner” y la gasolina, éstos pueden sustituirse por un producto denominado sustituto de “tiner”, el cual es menos tóxico y reduce las emisiones de COV. El empleo de materias primas menos tóxicas también mejora las condiciones de seguridad en el ambiente laboral.

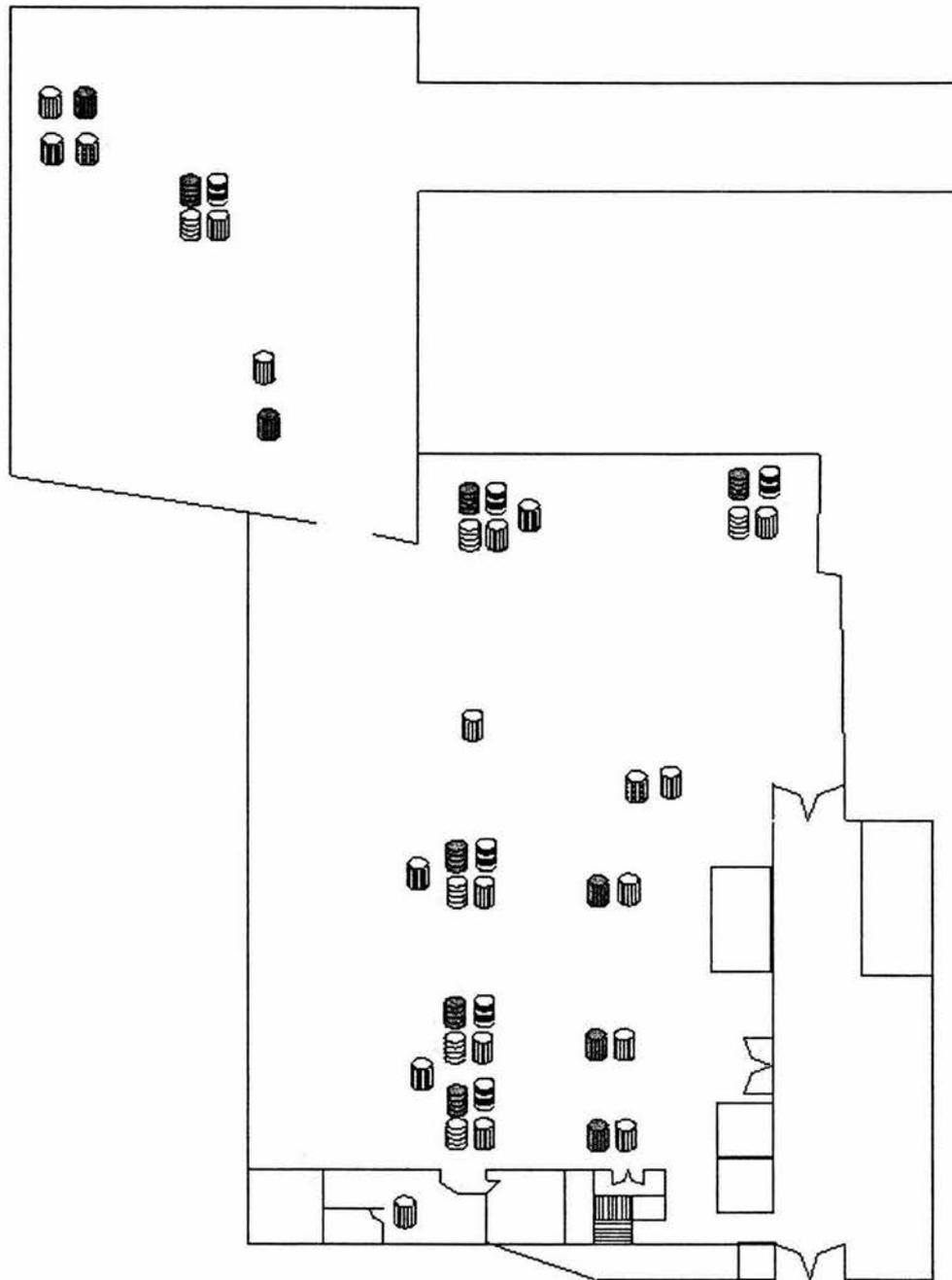
Es importante señalar que en la bibliografía revisada se recomienda segregar los residuos de solventes de limpieza y reutilizarlos en la formulación de tintas (Freeman, 1989).

Existen materiales fotográficos que no contienen plata, aunque son menos rápidos que las películas de halogenuro de plata. Desde hace algunos años se están utilizando películas de “burbujas” o “diazó”. Las películas de burbujas tienen un perfil alveolar, están hechas a base de poliéster y recubiertas de resina termoplástica y sal de diazonio sensible a la luz. Las películas de fotopolímero contienen “negro de humo” como sustituto de plata. Estas películas se revelan en una solución poco alcalina, que se neutraliza antes de la disposición. Por lo tanto el uso de estas películas no genera residuos peligrosos.

### 6.3. SEPARACIÓN DE LOS RESIDUOS

En cuanto a los distintos residuos que se generan como consecuencia de los procesos de impresión y de las actividades administrativas auxiliares, se observó, tanto la mezcla de los residuos peligrosos entre sí, como de residuos peligrosos con residuos sólidos municipales.

Para que algunos materiales y residuos que pueden ser candidatos para reciclaje y reutilización puedan ser aprovechados, se requiere que no se contaminen con otros residuos. Para lograr esto se propone que en cada impresora se tengan por lo menos 4 contenedores, para depositar por separado los solventes de limpieza, las toallas sucias, las tintas residuales y los residuos sólidos municipales (ver Diagrama 5). También se propone que los empleados no ingieran alimentos en sus áreas de trabajo, esto es especialmente importante, si se les explica la incidencia de cáncer en personas que ingieren alimentos y respiran polímeros y solventes volátiles.



SIMBOLOGÍA

CONTENEDORES PARA:  
RSM

- |   |                        |   |          |
|---|------------------------|---|----------|
|  | Papel ,                |  | cartón,  |
|  | residuos de alimentos, |  | pásticos |

RP

- |   |                |   |        |
|---|----------------|---|--------|
|  | Solventes,     |  | tintas |
|  | toallas sucias |   |        |

Diagrama 5. Ubicación de contenedores necesarios para la segregación de los residuos

Con esto se evita que los residuos sólidos municipales se contaminen con los solventes y las tintas que son inflamables, permitiendo además que puedan recuperarse residuos como la tinta para aprovecharse en otro proceso. Ésta también es una alternativa que no requiere inversión alguna y, por supuesto, el costo es nulo. La empresa en estudio cuenta con carritos para depositar los residuos municipales en el área de proceso y pueden emplear recipientes vacíos que contuvieron tintas, para depositar los residuos de tintas, solventes y toallas sucias. Esta es una alternativa que puede implementarse a corto plazo y depende en gran medida de la participación activa de los trabajadores y de la elaboración y aplicación de programas de separación de residuos dentro de la empresa.

En la empresa bajo estudio cuentan con 15 carritos para depositar los 5,000 kg de papel que se desperdician al día, con dimensiones de 1.1 x 0.5 x 1 m cada uno. Considerando esta información se recomienda vaciar los carritos ubicados junto a las impresoras y encuadernadoras cada 1.25 horas (tomando como base un peso volumétrico de 89 kg/m<sup>3</sup>).

Para las tintas se requerirían cubetas de 19 kilogramos, las cuales se vaciarían como máximo una vez por turno en un "tambo" de 200 litros, los cuales se retirarían del almacén temporal de RP cada 4 semanas. Se requieren 6 contenedores, uno para cada impresora.

En caso de los envases que contuvieron tintas y solventes de limpieza (de plástico), pueden emplearse recipientes de 28.5 cm de diámetro y una altura de 34 cm. Los envases deberán recolectarse del área de proceso una vez por turno.

Se recomienda depositar los solventes en contenedores de 19 litros de capacidad, que pueden retirarse del área de proceso una vez por turno. Se recomienda vaciar las fosas de contención de residuos de las impresoras semanalmente, con recipientes de 19 litros, para facilitar su desplazamiento al almacén temporal, así como su vertimiento en el tanque de 1200 litros.

Para las toallas, también se requiere un contenedor con dimensiones de 28.5 cm de diámetro y una altura de 34 cm para cada impresora, como mínimo deben cambiarse

cada 8 horas. La separación de las toallas reduce la cantidad de suciedad (solventes y tintas principalmente) absorbida por ellas y por lo tanto el tiempo de drenado, mejorando además las condiciones de manejo para su envío a lavado.

Durante las visitas a la empresa en estudio se observó que las toallas industriales usadas cuentan con un grado de suciedad diferente. Algunas están impregnadas con aceite, otras se encuentran impregnadas con tintas y solventes de limpieza y otras sólo con polvo. Las toallas con polvo pueden envasarse por separado y lavarse dentro de la misma empresa, en lugar de mezclarse con las más sucias. Con esta práctica, el costo por lavado de toallas se vería reducido (el costo es por pieza). Para la limpieza de las superficies con polvo pueden emplearse toallas de franela, exclusivas para estas actividades y lavarse por el personal encargado del aseo de las instalaciones y el mobiliario.

La separación correcta de los residuos permite la reducción de riesgos al personal que se encarga de realizar la separación y conteo de las toallas que se envían a lavar. Entre los riesgos principales a evitar se encuentra la punción con objetos como navajas, alambres o grapas que se emplean en algunas actividades de mantenimiento y en el encuadernado de las revistas, que debieran ser depositadas en un contenedor para metales.

Otra de las ventajas al envasar por separado las tintas, es que se reduce la cantidad de suciedad en las toallas, minimizando así el contenido de tintas en las aguas residuales de la empresa que se encarga de lavarlas, permitiendo además la recuperación de parte de las tintas para su reutilización, como se mencionó anteriormente.

Por último cabe resaltar que los residuos sólidos municipales mezclados con solventes y tintas deben manejarse como residuos peligrosos, lo cual aumenta los costos por su manejo. Por esta razón es importante que se realice una segregación adecuada de todos estos residuos.

## 6.4. RECOLECCIÓN Y ALMACENAMIENTO INTERNOS

Por lo que respecta a la recolección y almacenamiento de residuos dentro de la empresa, una vez que éstos se envasan por separado en el área de proceso, se sugiere que se recolecten y trasladen por separado al área de almacenamiento temporal de residuos peligrosos o de residuos industriales no peligrosos, según corresponda. Esta actividad puede asignarse a los operadores mediante un calendario o bien, designar a un responsable. Ésta es una propuesta que puede llevarse a cabo a corto plazo y no requiere inversión.

Se recomienda que los envases vacíos de solventes y tintas, las tintas residuales se recolecten y almacenen por separado. Estos residuos se consideran como peligrosos, principalmente por ser inflamables y deben permanecer en el almacén temporal hasta que se envíen a tratamiento, reciclaje o reutilización. En este caso, los costos por manejo de residuos peligrosos aumentarán.

Los recipientes empleados para almacenar temporalmente los solventes, las tintas, los aceites gastados y las toallas sucias deben mantenerse tapados después de depositar los residuos, para evitar su evaporación y liberación al ambiente laboral. Estos recipientes deben contar con etiquetas que indiquen las condiciones de riesgo a la salud.

El sistema de almacenamiento temporal de residuos peligrosos debe prevenir riesgos a los trabajadores y al ambiente, mediante las medidas técnicas y administrativas establecidas en la LEGEEPA y en la LGPGIR y sus respectivos reglamentos. Entre estas medidas, cabe destacar las siguientes:

### *A) Medidas técnicas*

1. Los residuos peligrosos deben almacenarse en áreas alejadas de las áreas de producción, comedor y oficinas.
2. El acceso al almacén de residuos peligrosos debe estar restringido. Esto permite tener un mejor control de los residuos peligrosos que se almacenan, evitando que

ingresen al almacén, residuos que no son peligrosos, así como llevar un registro fidedigno de todos los residuos que ingresan.

3. El almacén debe contar con muros de contención, canaletas y fosas de contención para captar derrames, o lixiviados. Las fosas de contención deben tener una capacidad para contener la quinta parte de lo almacenado.

4. El almacén debe contar con extintores adecuados, para las sustancias que se almacenan.

5. Se debe evitar almacenar residuos peligrosos incompatibles, conforme lo establece la NOM-054-ECOL-1993.

6. Contar o colocar señalamientos, letreros y pictogramas alusivos a la peligrosidad de los residuos en lugares y formas visibles.

7. En caso de almacenes temporales no techados, no deben almacenarse residuos a granel, cuando éstos produzcan lixiviados.

8. Los pisos del almacén deben ser lisos y de material impermeable en las zonas donde se colocan los residuos y de material antiderrapante en los pasillos.

9. Las áreas de almacenamiento de líquidos deben contar con medios de absorción para casos de derrame.

En la empresa en estudio se recomienda adecuar las instalaciones de su almacén temporal, para que cumplan correctamente con lo que se señala en el punto 3, también deben contar con medios de absorción en caso de derrames.

#### *A) Medidas administrativas*

1. La instalación y operación de sistemas de almacenamientos temporal de residuos peligrosos requiere de la previa autorización de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

2. Los movimientos de entradas y salidas de los residuos peligrosos del área de almacenamiento, deben registrarse en una bitácora. Se recomienda que la bitácora incluya la siguiente información:

- i. Nombre y número de clasificación del residuo;
- ii. Fecha de generación;
- iii. Peso o volumen;
- iv. Características de peligrosidad;
- v. Área o proceso donde se generó;
- vi. Fechas de ingreso y salida del almacén temporal de residuos peligrosos;
- viii. Destino del residuo peligroso por área de generación;
- viii. Información sobre incidentes y accidentes (fecha, causa del suceso, la cantidad y tipo de residuos peligrosos involucrados);
- ix. Nombre o razón social y número de autorización del prestador de servicios de recolección y disposición final, y
- x. Nombre del responsable técnico de la bitácora.

Si se incluye esta información en la bitácora, se tendrá un mejor registro de las cantidades y tipos de residuos que se generan en el proceso. Esto contribuye a la planeación de estrategias para su manejo interno.

## 6.5 APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS

### 6.5.1 TINTAS DE IMPRESIÓN

La tinta residual puede reutilizarse si se mezclan los 4 colores básicos para obtener tinta negra. Aunque esta tinta es de menor calidad que la tinta negra original, puede emplearse por otras empresas para la impresión de trabajos que requieren de menor calidad, como ocurre con la impresión de periódicos. En este sentido es relevante la cantidad de tinta residual generada, ya que dependiendo de ella será la cantidad de tinta negra que se obtendría para venderse posteriormente a otra empresa. Para este caso, no fue posible estimar la cantidad de tinta negra que puede obtenerse al realizar estas mezclas; sin embargo, se considera que sería posible comercializar esta tinta con imprentas pequeñas, cuyos trabajos no requieran una tinta negra de

mejor calidad. La ventaja principal de esta opción es la reducción de los costos por manejo de residuos.

En el caso de que no se pueda reutilizar la tinta dentro de la empresa ni en otras empresas, se recomienda su aprovechamiento en hornos de la industria cementera, o su eliminación mediante oxidación térmica.

### 6.5.2 PLACAS DE ALUMINIO USADAS

Las placas de aluminio usadas pueden almacenarse por separado en el área de residuos industriales no peligrosos y comercializarse para su aprovechamiento, lo que permite obtener ingresos adicionales. Esta es una práctica que ya se realiza en la empresa bajo estudio y en la mayoría de las empresas de impresión. Con el reciclaje de las placas, además de los beneficios económicos, se evita que estos residuos se depositen en rellenos sanitarios, contribuyendo además a un mejor aprovechamiento de recursos.

De acuerdo con el estudio realizado por la CAM-GTZ (1998), el tipo de manejo que se recomienda para estos residuos es el reciclaje y la disposición en rellenos sanitarios de residuos sólidos municipales.

### 6.5.3 REVELADOR DE PLACAS

En la empresa bajo estudio no se comercializan los reveladores gastados para la recuperación de plata. Éstos se depositan en el tanque del almacén temporal de los residuos peligrosos, mezclándose con los solventes de limpieza, aceite y agua.

Entre los métodos más empleados para la recuperación de plata se encuentra la separación electrolítica. Otros métodos menos comunes son la sustitución metálica, la oxidación de ozono, la electrólisis y el intercambio iónico. Para el caso de estudio se recomienda la sustitución metálica, que es una de las más económicas.

El reemplazo metálico se basa en que el hierro es más activo que la plata. La plata en solución se intercambia con hierro sólido a través de una reacción de oxidación-reducción. Se emplean como fuentes de hierro las partículas de hierro o resinas impregnadas de hierro. El hierro se coloca en un contenedor denominado cartucho

de reemplazo metálico. En el método del cartucho de recuperación química, también llamado de reemplazo metálico, un metal (generalmente hierro) reacciona con el tiosulfato de plata en solución. La plata se precipita en forma de sedimento. Para poner la plata en contacto con el hierro, el fijador o el blanqueador- fijador usado se hace pasar a través de un recipiente lleno de lana de acero, la cual constituye la fuente de hierro para reemplazar la plata. Una sola unidad tiene la capacidad potencial de recuperar hasta el 90% de la plata disponible y tiene como ventajas que es de bajo costo, puede recuperar plata del agua de lavado, haciéndola pasar por goteo y es de fácil instalación. Para implementar esta opción, es necesario realizar un análisis económico, para determinar si puede adquirirse un cartucho, para que la recuperación de plata se lleve a cabo dentro de la misma empresa. En caso de que no sea factible esta opción, el revelador gastado deberá recolectarse y almacenarse por separado para facilitar la recuperación de la plata por una empresa externa.

#### 6.5.4 ACEITES GASTADOS

El aceite usado cuenta con una demanda significativa en el mercado, debido a que se puede reutilizar y reciclar. Las prácticas más comunes para lograr esto están relacionadas con un tratamiento fisicoquímico para producir combustible con ciertas especificaciones y su re-refinamiento para producir una base para lubricante.

En este caso, el reciclaje para producir combustibles alternos es la principal ruta para la reutilización de los aceites de desecho. Este tipo de combustibles representan alternativas de bajo costo, en comparación con combustibles fósiles que son evidentemente más caros. El re-refinamiento también es una opción viable para la reutilización, pero debido a las especificaciones de calidad para el producto resultante, lo hacen más caro y, por lo tanto, una alternativa menos competitiva.

De acuerdo al reglamento técnico TA Abfall de Alemania (CAM-GTZ, 1998) los aceites gastados pueden aprovecharse en hornos de la industria cementera, someterse a tratamiento fisicoquímico o eliminarse en una planta de oxidación térmica de residuos peligrosos. Para la empresa bajo estudio, dada la cantidad de aceites gastados que generan (ver Capítulo 5), las alternativas más adecuadas son

## ESTA TESIS NO SALE DE LA BIBLIOTECA

el aprovechamiento externo del aceite gastado por los hornos de las cementeras o bien, la oxidación térmica, realizada por empresas externas. Para llevar a cabo esta práctica es importante que el aceite gastado se almacene y se recolecte por separado.

### 6.5.5 TOALLAS IMPREGNADAS CON TINTAS

Las toallas impregnadas con tintas pueden reutilizarse dentro de la empresa, previo tratamiento, aprovechando las tintas como combustible alternativo en la industria cementera, o bien, enviándolas a una planta de oxidación térmica de RP. En cuanto al tratamiento previo para su reutilización dentro de la misma empresa, surge la interrogante de cómo se manejan los residuos de lavado, por la empresa encargada. Esto es importante, ya que se tiene una responsabilidad compartida del manejo de los residuos peligrosos. Debido a esto, es importante que el generador conozca el proceso al que se someten las toallas para su lavado y asegurarse de que los residuos generados no sean peligrosos y que se dispongan correctamente. Esta información puede obtenerse solicitando las autorizaciones de la empresa de tratamiento. Cabe señalar que antes de seleccionar alguno de los métodos recomendados, se debe analizar cuál de ellos impacta de menor forma al ambiente, para elegir el más apropiado sin dejar de lado los costos involucrados.

### 6.5.6 ENVASES Y "TAMBOS" USADOS EN EL MANEJO DE MATERIALES Y RESIDUOS PELIGROSOS

Para el almacenamiento temporal de los materiales y residuos peligrosos se recomienda la reutilización dentro de la empresa de envases y contenedores usados siempre que sea para contener las mismas sustancias. Cabe señalar que la normatividad mexicana señala que los residuos peligrosos no pueden diluirse para su desecho en el drenaje, y tampoco pueden lavarse los envases que contuvieron residuos o materiales peligrosos. Por lo anterior, si no pueden usarse nuevamente, la opción más viable es el envío de estos contenedores, considerados como residuos, a confinamiento. En este sentido, la empresa en estudio maneja sistema de inyección de tintas para las impresoras rotativas, por lo que los envases que contienen las tintas son intercambiados por el proveedor, una vez que se ha

consumido el producto, por otros llenos con producto nuevo. Esto minimiza la generación de envases con remanentes materiales peligrosos, reduciendo los costos por su manejo. En el caso de los envases más pequeños (latas y cubetas), se recomienda que no se almacenen y dispongan con los residuos no peligrosos. Pueden establecerse convenios con los proveedores para que los envases sean retornables.

## CAPÍTULO 7. CONCLUSIONES

Para determinar las tasas de generación de residuos peligrosos en una empresa de artes gráficas, se propuso una metodología para la realización del muestreo y la cuantificación de estos residuos. La aplicación de esta metodología y la información recopilada durante visitas a una empresa representativa, permitieron la evaluación de las condiciones actuales de manejo de los residuos peligrosos y su comparación con lo que establece la normatividad mexicana. Por último se propusieron alternativas para el manejo integral de los residuos peligrosos. Con los resultados obtenidos se elaboraron las siguientes conclusiones:

En el estudio de campo se tomaron 144 muestras en tres periodos distintos, con duración de una semana cada uno. El total de residuos peligrosos fue de 1442.811 kg. Los residuos muestreados fueron: Reveladores gastados, tintas residuales, solventes de limpieza, toallas industriales impregnadas con aceites gastados, tintas y solventes de limpieza, aceites gastados y envases con remanentes de tintas y solventes de limpieza. Con los datos obtenidos en el muestreo se determinaron tasas de generación, tomando como base la cantidad de papel empleado en el proceso. Las tasas de generación en la primera, segunda y tercera etapas fueron: 1.82, 1.59 y 1.36 kilogramos por tonelada de papel consumido, para los residuos sólidos, respectivamente. Para los residuos líquidos se obtuvieron en las etapas 1, 2 y 3: 1.38, 3.57 y 3.57 litros por tonelada de papel consumido, respectivamente. La variación entre las dos últimas etapas con respecto a la primera se debe principalmente a que las actividades de mantenimiento y limpieza de las impresoras fue mayor y a la adición accidental de agua a los residuos ya generados. Esta variación puede observarse mejor en los siguientes datos: 37.30 L/d, 96.52 L/d y 96.4 L/d en las etapas 1, 2 y 3, respectivamente. En estudios posteriores se recomienda la cuantificación de las contribuciones accidentales a la generación de residuos (agua desperdiciada por derrames y provenientes del proceso de compresión).

La metodología que se aplicó en el estudio de campo se obtuvo adaptando aspectos como una operación de limpieza y el muestreo al azar sistemático, de normas para

residuos sólidos municipales y para el muestreo de residuos peligrosos, respectivamente.

De visitas a 4 empresas del giro de artes gráficas, se observó que en general el manejo de los residuos peligrosos es inadecuado, con respecto a lo que establece la normatividad mexicana en materia de residuos peligrosos. Se determinó que aunque en una de ellas aplican programas para el manejo de sus residuos, éstos se cumplen sólo parcialmente; en las 3 restantes no cuentan con programas para el manejo de sus residuos. No obstante, en una de ellas reciclan placas de aluminio y papel principalmente, excluyendo a los residuos de tintas y solventes cuya disposición final se realiza en el relleno sanitario y/o en el drenaje.

En cuanto a las propuestas para el manejo integral, se encontró que algunos residuos pueden evitarse si se emplean adecuadamente las materias primas, como es el caso de las tintas, el papel y el agua. Si se planea adecuadamente la producción y se efectúan programas de mantenimiento preventivo a las impresoras puede reducirse la generación de residuos. En cuanto al posible empleo de tintas menos tóxicas, se recomienda realizar un análisis económico, sobre el uso de tintas de aceites vegetales, como la de soya, frente al empleo de tintas con base agua, que son las que utilizan actualmente en la empresa donde se realizó el estudio.

Las propuestas como el uso eficiente de las materias primas, la segregación de residuos, su recolección en el área de proceso y su almacenamiento interno, pueden llevarse a cabo a corto plazo y no requieren inversión, sino educación de los empleados.

Para la recuperación de plata se encontró que puede emplearse un cartucho de reemplazo metálico, pero es necesario realizar un análisis económico para determinar si existen beneficios al recuperar plata dentro de la misma empresa o si es mejor que este residuo sea entregado a una empresa externa recuperadora de plata.

La propuesta para la cuantificación de residuos peligrosos que se presenta en este trabajo, puede tomarse como base o guía, para el desarrollo y elaboración de una

norma, que complete el marco legal en materia de residuos peligrosos. En la propuesta presentada en este trabajo, se buscó incluir todos los puntos que conforman una propuesta de norma, como son los objetivos, definiciones, equipos y procedimiento. Cabe señalar que la conformación del grupo de trabajo para la elaboración de las normas es muy importante, ya que además de la participación de instituciones educativas, es primordial la contribución de un grupo que represente a los afectados, es decir, a quienes aplique en un futuro la norma en cuestión.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

(CON CITA EN EL TEXTO)

- Anónimo. 2002. "ECODIR" Directorio Ambiental, Editorial 3w. México, D. F., México.
- Anónimo. 2001. Diccionario de la lengua española, Real Academia Española Tomo 4, Editorial Espasa. Madrid, España.
- Anónimo. 1980. Diccionario enciclopédico Hispano-Mexicano, Plaza & Janés Editores. Barcelona, España.
- CAM-GTZ. 1998. Guía sectorial de minimización, tratamiento y disposición de residuos peligrosos e industriales. Impresión, proyecto de manejo integral de residuos peligrosos. Comisión Ambiental Metropolitana-Agencia de Cooperación Técnica Alemana. México D. F. México.
- COMEL. 2004. Directiva/2001/573, 23 de Julio. © Gestión-Ambiental.com, COMEL, S. L. División medio ambiente, servicios a las empresas [Barcelona, España], Visitante No. 271127 [citado 20 septiembre 2004]. Archivo en htm, disponible en: <[http://www.gestion-ambiental.com/norma/ley/ORDEN\\_de\\_8\\_de\\_febrero\\_de\\_2002.htm#08](http://www.gestion-ambiental.com/norma/ley/ORDEN_de_8_de_febrero_de_2002.htm#08)>.
- EPA. 2004. Electronic code of federal regulations (e-CFR). U. S. Environmental Protection Agency, laws and regulations. Actualizado a septiembre 13, 2004. Archivo en htm, disponible en: <<http://www.epa.gov/epacfr40/chapt-I.info/chitoc.htm>>.
- Freeman H. M. 1989. Standard handbook of hazardous waste treatment and disposal. McGraw-Hill. Nueva York, EEUA.
- Huesca-Barnetche C. 1995. "Reúso" de residuos peligrosos líquidos como combustible alterno en hornos para fabricación del cemento. Tesis profesional, Facultad de Química, UNAM. México D. F. México.

- INEGI. 1994. Estadísticas del Medio Ambiente. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Segunda reimpresión. México D. F. México.
- LFMN. 1999. Ley Federal sobre Metrología y Normalización. DOF 19 de mayo de 1999. México D. F. México.
- LGEEPA. 2003. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (y disposiciones complementarias). Vigésimo primera edición actualizada, Tomos I y II. Editorial Porrúa. México D. F. México.
- LGPGIR. 2003. Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. DOF, 8 de octubre de 2003. México D. F. México.
- LRSDF. 2003. Ley de Residuos Sólidos del Distrito Federal. Gaceta Oficial del Distrito Federal, 22 de abril de 2003. México D. F. México.
- Mackenzie A. 1998. Manual para operadores de prensa. Notas. Instructor en impresión "offset". Cámara Nacional de Artes Gráficas. México D. F. México.
- National Soy Ink Information Center. 1997. Soy ink Americas printing plant, © 1997, Iowa Soybean Association [en línea], disponible en <<http://www.soyink.com>>.
- Navarrete-Rodríguez M. E., Becerril J. 1996. Muestreo y caracterización de residuos peligrosos. Cuadernos de Investigación. Núm. 27, CENAPRED. México D. F. México.
- Norma NOM-AA-61-1985. Protección al ambiente-contaminación del suelo-residuos sólidos municipales-determinación de la generación. DOF, 8 de agosto de 1985. México D. F. México.
- Norma Oficial Mexicana NOM-052-ECOL-1993. Que establece las características de los residuos peligrosos, el listado de los mismos y los límites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente. DOF, viernes 22 de octubre de 1993. México D. F. México.
- Norma Oficial Mexicana NOM-053-ECOL-1993. Que establece el procedimiento para llevar a cabo la prueba de extracción para determinar los constituyentes que

hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente. DOF, viernes 22 de octubre de 1993. México D. F. México.

Parramón V. 1976. Artes Gráficas para Dibujantes y Técnicos Publicitarios. Madrid, España.

Portal de la Unión Europea (UE). 2004. Legislación, actualizado: enero 16 de 2004. Documento en html, disponible en [http://europa.eu.int/eur-lex/es/consleg/main/2000/es\\_2000L0076\\_index.html](http://europa.eu.int/eur-lex/es/consleg/main/2000/es_2000L0076_index.html).

Proyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-052-ECOL-1999. Que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y el listado de los residuos peligrosos. DOF, viernes 22 de octubre de 1999. México D. F. México.

PUMA. 1996. Temas ambientales: Zona Metropolitana del Valle de México. Programa Universitario de Medio Ambiente. Universidad Nacional Autónoma de México. UNAM. México D. F. México.

Radian Corporation, 1996. Estimación de los residuos peligrosos reciclables en el Valle de México. México D. F. México.

Rivero O., Ponciano G., González S. 1996a. Residuos Peligrosos. Programa Universitario de Medio Ambiente. Universidad Nacional Autónoma de México. México D. F. México.

Rivero O., Ponciano G., González S. 1996b. La situación ambiental en México. Programa Universitario de Medio Ambiente. Universidad Nacional Autónoma de México. México D. F. México.

Rivero O., Ponciano G., González S., 1996c. Los residuos peligrosos en México. Programa Universitario de Medio Ambiente. Universidad Nacional Autónoma de México. México D. F. México.

- RLGEEPAMRP. 2003. Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Residuos Peligrosos. Vigésimo primera edición actualizada. Editorial Porrúa. México D. F. México.
- Rosas-Domínguez A. 2000. Estudio de generación de residuos peligrosos en una zona habitacional. Tesis de maestría, UNAM. México D. F. México.
- Ross N. G. 1989. Serigrafía Industrial y en Artes Gráficas. Editorial Leda. Madrid, España.
- Sánchez S., Barrios S. 1997. Hacia un manejo integral de residuos peligrosos en la Zona Metropolitana del Valle de México, Suplemento Ecológica-Los retos ambientales de la Ciudad de México [en línea]. Publicado como suplemento del diario La Jornada [México D. F. México]: Centro de Ecológica y Desarrollo (Cecodes). Noviembre 1997, visitante No. 808557 [citado 20 septiembre 2004]. Disponible en: <http://www.planeta/ecotravel/mexico/ecologia/97/1197df4.html>.
- Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal, CAM-GTZ. 2001. Bases conceptuales y de diagnóstico del programa para la prevención y manejo integral de residuos peligrosos de la Zona Metropolitana del Valle de México [en línea]. Primera edición [México D. F., México]: Centro Empresarial de Asesoría S. C. junio 2002 [citado 26 abril 2004]. Documento en pdf, disponible en <[http://www.sma.df.gob.mx/bibliov/download/archivos/bases\\_conceptuales\\_residuos\\_peligrosos.pdf](http://www.sma.df.gob.mx/bibliov/download/archivos/bases_conceptuales_residuos_peligrosos.pdf)>.
- SEMARNAT-INE,2000. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Dirección General de Gestión Integral de Materiales y Actividades Riesgosas [en línea]. Actualización agosto 20, 2003 [México D. F. México]. Disponible en <<http://www.semarnat.gob.mx/dgmic/rpaar/rp>>.
- SEMARNAP-INE. 1999. Promoción de la minimización y manejo integral de residuos peligrosos. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca e Instituto Nacional de Ecología. México D. F. México.

SEMARNAP. 1997. Programa para la minimización y manejo integral de residuos industriales peligrosos en México 1996-2000. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. México D. F. México.

SIEM. 2003. Sistema Empresarial Mexicano, clasificación para las pequeñas y medianas empresas (PYME). Disponible en <<http://www.siem.gob.mx/portalsiem/>>.

Stevenson G. 1968. Graphic arts encyclopedia. McGraw-Hill. Nueva York, EEUA.

Terence D. 1981. Guía completa de ilustración y diseño, técnicas y materiales. H. Blume ediciones. Madrid, España.

Tintas Sánchez. 2003. <http://sanchezink.com.mx>

(SIN CITA EN EL TEXTO)

Anderson J. 1991. Redacción de tesis y trabajos escolares. Traducido por Ma. Mateo A. 14a. Impresión. Editorial Diana. México D. F. México.

Brunner C. 1993. Hazardous waste incineration. McGraw-Hill. Second edition. Nueva York, EEUUA.

CANAGRAF. 2002. Cámara Nacional de Artes Gráficas, México D. F. México, disponible en <<http://www.canagraf.com>>.

Comisión Ambiental Metropolitana, 1991. Informe Final. Estudio de prefactibilidad de la gestión de los residuos tóxicos y peligrosos en la ZMCM. Volumen II/2 1. México D. F. México.

Cortinas-de-Nava C. 2002. Lo que usted debe saber sobre los residuos y su legislación ambiental. Instituto Nacional de Ecología [en línea]. [México D. F. México]. Última actualización: 9 agosto de 2002 [citado 13 septiembre 2004]. Archivo en html disponible en

<[http://www.ine.gob.mx/ueajei/publicaciones/gacetas/gaceta39/pma56.html?id\\_puv=248#\\*](http://www.ine.gob.mx/ueajei/publicaciones/gacetas/gaceta39/pma56.html?id_puv=248#*)>.

Cortinas-de-Nava C. 1993. Residuos peligrosos en el mundo y en México. SEDUE-INE. SEDESOL-INE. México D. F. México.

Espíndola-Z. M. 1992. Evaluación de tecnologías que emplean procesos fisicoquímicos para el tratamiento de residuos peligrosos. Tesis profesional, Facultad de Química UNAM. México D. F. México.

Espíndola-Z. M., Fernández-Villagómez G. 1994. Procesos fisicoquímicos para la estabilización de residuos peligrosos. Cuadernos de Investigación. Núm. 3. CENAPRED. México D. F. México.

Freeman H. M. 1990. Hazardous waste minimization. McGraw-Hill. Nueva York, EEUUA.

- GTZ. 2001. Guía de buenas prácticas de gestión empresarial para la industria gráfica. Gestión ambiental rentable. Agencia de Cooperación Técnica Alemana. México D. F. México.
- Haas Ch., Vamos R. 1995. Hazardous and industrial waste treatment. Prentice Hall. Englewood Cliffs, New Jersey, EEUUA.
- Higgins T. 1995. Pollution prevention handbook. CRC. Boca Raton, EEUUA.
- INE-SEMARNAP. 2000. Evolución de la política nacional de materiales peligrosos, residuos y actividades altamente riesgosas. Logros y retos para el desarrollo sustentable 1995-2000. Instituto Nacional de Ecología, Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. México D. F. México.
- Nemerow N. L., Dasgupta A. C. 1991. Industrial and hazardous waste treatment. Van Nostrand Reinhold. Nueva York, EEUUA.
- OMS-CEPIS-OPS. 1998. Repindex 65: Familia ISO 14 000 [en línea]. Organización Mundial de la Salud-Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente-Organización Panamericana de la Salud. Documento electrónico en html. Actualizado junio 26, 2000. Disponible en <<http://www.cepis.ops-oms.org/eswww/proyecto/repidisc/publica/repindex/rep065.html>>.
- Queriat-Cisneros P. 1994. Tecnologías innovadoras en el tratamiento de residuos peligrosos. Tesis profesional, Facultad de Química, UNAM. México D. F. México.
- Rickman W. 1991. Handbook of Incineration of Hazardous Wastes. CRC Press. Boca Raton, EEUUA.
- Rosas-Flores C. 1998. Tecnologías de punta para la reducción, minimización y tratamiento de residuos peligrosos. Tesis profesional. Facultad de Química, UNAM. México D. F. México.
- Sweeney T. L. 1982. Hazardous Waste Management for the 80's. Ann Arbor Science. Michigan, EEUUA.

- Tello-Espinoza C. 1994. Metodología de diagnóstico de residuos peligrosos generados por la industria maquiladora en la frontera, para la prevención de desastres y riesgos a la salud. Tesis de maestría, UNAM. México D. F. México.
- Technical Cooperation México - Federal Republic of Germany. 1995. Draft of the concept for the prevention, utilization, handling, and disposal of hazardous waste for the Valley of Mexico. Task 2, Waste Minimization. TÜV ARGE MEX, Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ). México D. F. México.
- Technical Cooperation México - Federal Republic of Germany. 1995. Draft of the concept for the prevention, utilization, handling and disposal of hazardous waste for the Valley of Mexico. Task 6.1, Summary of the Technical Concept. TÜV ARGE MEX, Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ). México D. F. México.
- Technical Cooperation México - Federal Republic of Germany. 1995. Draft of the concept for the prevention, utilization, handling and disposal of hazardous waste for the Valley of Mexico. Task 6.2, Chemical-Physical Treatment Plants. TÜV ARGE MEX, Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ). México D. F. México.
- Technical Cooperation México - Federal Republic of Germany. 1995. Draft of the concept for the prevention, utilization, handling and disposal of hazardous waste for the Valley of Mexico. Task 6.3, Incineration Plant. TÜV ARGE MEX, Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ). México D. F. México.
- Technical Cooperation México - Federal Republic of Germany. 1995. Draft of the concept for the prevention, utilization, handling and disposal of hazardous waste for the Valley of Mexico. Task 6.4, Technical Landfill Concept. TÜV ARGE MEX, Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ). México D. F. México.
- Technical Cooperation México - Federal Republic of Germany. 1995. Draft of the concept for the prevention, utilization, handling and disposal of hazardous waste for the Valley of Mexico. Task 6.5, Collection, Transport and Storage. TÜV ARGE

MEX, Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ). México D. F. México.

U S Environmental Protection Agency, USA 2004. Actualizada al 12 de octubre de 2004, disponible en <<http://www.epa.gov>>.

U S Environmental Protection Agency. Projects Flexography, USA 2003. Documento en htm, disponible en <<http://www.epa.gov/opptintr/dfe/projects/flexo/index.htm>>.

U S Environmental Protection Agency. Projects Lithography, USA 2003. Documento en htm, disponible en <<http://www.epa.gov/opptintr/dfe/projects/litho/index.htm>>.

U S Environmental Protection Agency. Projects Screening, USA 2003. Documento en htm, disponible en <<http://www.epa.gov/opptintr/dfe/projects/screen/index.htm>>.

U S Environmental Protection Agency. Printing industry, USA 2003. Documento en htm, disponible en <<http://www.epa.gov/oeca/main/compasst/print.htm>>.

U S Environmental Protection Agency. Printing sector, USA 2003. Documento en htm, disponible en <<http://www.epa.gov/sectors/sector/print2.htm>>.

Vizcaíno M. F. 1986. La contaminación en México. Fondo de Cultura Económica. México D. F. México.

Woodside G. 1999. Hazardous materials and hazardous waste management. J. Wiley. Second edition. Nueva York, EEUUA.



## ANEXO B. PROCEDIMIENTO PARA ESTABLECER UNA NORMA EN MÉXICO Y PROPUESTA DE NORMATIVIDAD

La LFMN (1992) establece que en la elaboración de las normas oficiales mexicanas deben participar las dependencias, a quienes corresponda la regulación o el control del producto, servicio, método, proceso o instalación, actividad o materia que se quiere normar. A continuación se enumeran los pasos que se realizan en la elaboración y autorización de normas oficiales mexicanas.

1. En primer lugar se elabora un anteproyecto de la NOM. Este anteproyecto se somete a los miembros de los Comités Consultivos Nacionales de Normalización, quienes, con base en los anteproyectos, elaboran los proyectos de las normas oficiales.

Es importante mencionar que para la elaboración de las normas se debe revisar si existen otras relacionadas, para lo cual las dependencias involucradas deben trabajar coordinadamente, ya que debe existir una sola norma por sector o materia (LFMN, 1992).

Cabe señalar que las personas interesadas pueden presentar a las dependencias propuestas de normas, quienes harán la evaluación correspondiente, para determinar si es factible su aplicación y, en su caso, presentarán al Comité respectivo el anteproyecto. Los anteproyectos que se presenten en los Comités para discusión, deben acompañarse de una manifestación de impacto regulatorio, en la forma que determine la Secretaría a cargo de esta actividad.

2. El Comité Consultivo Nacional de Normalización respectivo, debe formular las observaciones necesarias a los anteproyectos que le sean presentados en un plazo no mayor a 75 días naturales.

3. La dependencia u organismo que elaboró el anteproyecto de norma, debe contestar fundadamente las observaciones presentadas por el Comité, en un plazo no mayor a 30 días naturales a partir de la fecha en que fueron presentadas y hará las modificaciones correspondientes, cuando así se requiera.

4. Una vez que se realizan las modificaciones, se aprueba el anteproyecto y se publica en el Diario Oficial de la Federación. Dentro de los 60 días naturales siguientes a la publicación, los interesados deben presentar sus comentarios al Comité Consultivo Nacional de Normalización; durante este plazo, la manifestación debe estar a disposición del público.

5. Una vez concluido el plazo de 60 días, el Comité debe estudiar los comentarios recibidos y, en su caso, deberá modificar el proyecto en un plazo que no debe exceder 45 días naturales. Se deben publicar en el DOF las respuestas a los comentarios recibidos y las modificaciones al proyecto, cuando menos 15 días naturales antes de la publicación de la norma.

6. Una vez que se aprueba la norma oficial mexicana, la dependencia competente debe expedir la norma y publicarla en el DOF. Cabe señalar que en casos de emergencia, la dependencia competente puede elaborar directamente una norma oficial mexicana, la cual se publicará en el DOF y su vigencia máxima será de 6 meses.

Considerando el procedimiento anterior se propone la siguiente norma:

Norma: Estudio sobre la generación de residuos peligrosos en la industria de artes gráficas.

### **Objetivo**

El objetivo de esta norma es la cuantificación de los residuos peligrosos que se generan en la industria de artes gráficas, mediante un muestreo al azar sistemático.

### **Campo de aplicación**

Esta norma es de observancia para aquellos establecimientos que realicen actividades relacionadas al ramo de artes gráficas

### **Referencias**

Norma Oficial Mexicana NOM-052-ECOL-1993, Que establece las características de los residuos peligrosos, el listado de los mismos y los límites que hacen a un residuo

peligroso por su toxicidad al ambiente, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 22 de octubre de 1993.

Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 8 de octubre de 2003.

### **Definiciones**

Para los efectos de esta norma se consideran las definiciones de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, de su reglamento en Materia de Residuos Peligrosos y de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos

### **Materiales y equipo**

Báscula con capacidad máxima de 100 kg y precisión de 1 g o similar

Báscula con capacidad mínima de 10 kg y precisión de 1 g o similar

Mascarillas para vapores

Tablas de inventario

Etiquetas y marcadores

Bolsas de polietileno de 80 por 60 cm y de calibre mínimo de 200

Guantes de hule

Papelería (formatos de registro, lápices)

Recipientes de 19 litros de capacidad

Flexómetro

### **Procedimiento**

Determinación y ubicación de los puntos de muestreo, los cuales corresponderán a los puntos donde se generan los residuos peligrosos durante el proceso de producción.

La duración del muestreo deberá establecerse de acuerdo a las actividades productivas de la empresa. El periodo mínimo del muestreo debe ser de 5 días.

Antes de iniciar el muestreo es necesario realizar una operación de limpieza. Esto se realiza en una visita previa a la iniciación del estudio. Para lo anterior deberá dirigirse a los operadores para hacer la indicación de que se deben vaciar los contenedores de cada uno de los puntos de muestreo. Para esta operación se recomienda la utilización de recipientes de acuerdo al tamaño de la empresa (producción diaria, mensual, anual). Por ejemplo, para una empresa que produce desde 10 hasta 400 L de residuos líquidos, se pueden utilizar recipientes de 19 litros, ya que facilita la manipulación de las muestras para su cuantificación. Los residuos eliminados de los puntos de muestreo se deberán depositar en el almacén temporal de residuos peligrosos para su posterior tratamiento y disposición. El propósito de esta operación es asegurar que los residuos que se produzcan después correspondan a un día de operación.

Se selecciona aleatoriamente el punto de donde se tomará la primera muestra. Se recomienda que el resto de las muestras se tomen a intervalos de tiempo iguales, después de la primera muestra.

Los residuos que conformarán el universo de muestreo deberán ser separados en los puntos de muestreo, empleando bolsas de polietileno y los recipientes de 19 litros. En esta etapa deberá cuidarse que los envases vacíos de materiales que se consideren peligrosos, no se mezclen con los residuos sólidos municipales.

Cada muestra recolectada desde el primer día se pesa, registrando su valor en el formato correspondiente (ver Anexo A).

## **Bibliografía**

Navarrete-Rodríguez M. E., Becerril-A. J. 1996. Muestreo y caracterización de residuos peligrosos. Cuadernos de Investigación. Núm. 27. CENAPRED. México D. F. México.

NOM-AA-15-1985. Protección al Ambiente-Contaminación del Suelo-Residuos Sólidos Municipales–Muestreo-Método de cuarteo. DOF, 18 de marzo de 1985. México D. F. México.

NOM-AA-61-1985. Protección al Ambiente - Contaminación del Suelo – Residuos Sólidos Municipales - Determinación de la generación. DOF, 8 de agosto de 1985. México D. F. México.

Anónimo. 1996. Estimación de los residuos peligrosos reciclables en el Valle de México. Radian Corporation. México D. F. México.

Rosas-Domínguez A. 2000. Estudio de generación de residuos peligrosos en una zona habitacional. Tesis de maestría, UNAM. México D. F. México.